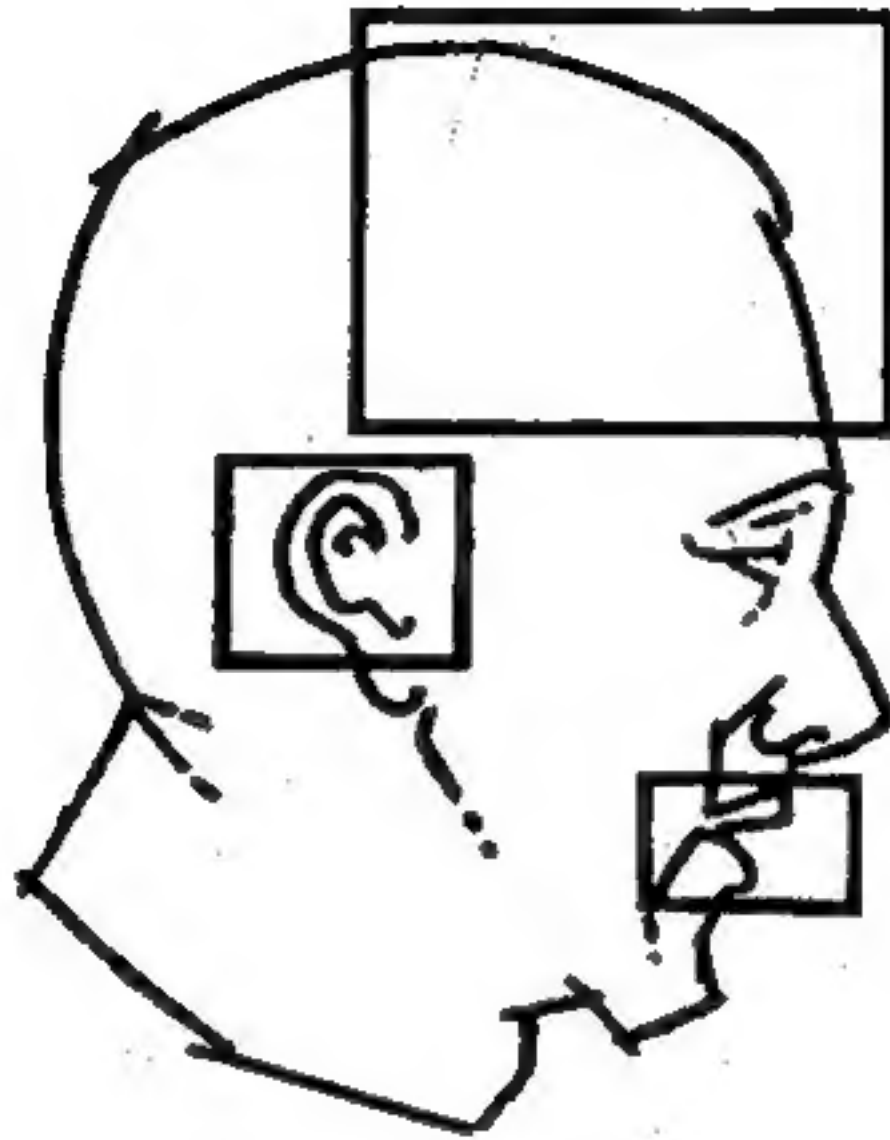


أساسيات علم الكلام



أساسيات علم الكلام



دار الشرق العربي

بيروت - لبنان ص.ب - ١١/٦٩١٨

حلب - سوريا - ص.ب ٤١٥



أساسيات علم الكلام

تأليف

الدكتورة

كاثرين . س . هاريس
قسم الكلام وعلوم والسمع
مدرسة الخريجين
جامعة مدينة نيويورك، نيويورك
ومختبرات هاسكت
نيوهيفن، كونيت

الدكتورة

جلوريا ج . بوردن
قسم الكلام، جامعات
تيمبل، فيلادلفيا، بنسلفانيا
ومختبرات هاسكت
نيوهيفن، كونيت

ترجمة

الدكتور

محمي الدين حميدي



Williams & Wilkins

1 March 1990

Dr. M.A. Mousidi
P.O. Box 1316 3
Al-Fatah University
Tripoli Libya

Dear Dr. Mousidi:

Thank you for your February 5th letter expressing interest in translating into Arabic Books & Series: SPEECH SCIENCE PRIMER.

You have our permission to do so. However, you mention that the books will be published by the Arab Development Institute. It will be necessary for us to sign an agreement with them covering the translation and separately I will contact them with our standard agreement.

I am enclosing our complete catalog. We do have an extensive speech and hearing list and it may be that you would be interested in some of our other publications either for use in English or in translation into Arabic.

Sincerely yours,

Charles T. Denson
CHARLES T. DENSON, President
International Division

CTD/wps/301

الأمجاد

إلى كل من روى بدمه الطاهر ثرى الوطن دفاعاً عن
المقدسات
إلى شهداء الانتفاضة الفلسطينية والجنوب اللبناني.

أهدي هذا الكتاب

توطئه

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين محمد عليه الصلاة والسلام. أما بعد: فقد تطور علم اللسانيات - بكل فروعها - في العقود الثلاثة الماضية تطوراً سريعاً، وأصبحت مناهج اللغويات وعلم الكلام تدرّس على نحو مكثف في معظم جامعات العالم. واستفادت النظرية اللغوية الحديثة من التطورات والتقنيات العلمية المتطورة في علم الحاسوب، والمنطق، والفيزياء وغيرها، حيث بدأنا نسمع بل ونرى نظريات واضحة المعالم تتسم بالصيغة الرياضية العلمية ممثلة في نظرية النحو عند تشومسكي، وأخرى في مجال الترجمة الآلية.

ولا شك في أن علم الكلام قد أفاد على نحو مباشر من التطورات العلمية الحاصلة إذ بدأت منذ الخمسينيات دراسة الصوت الكلامي، وأعضاء النطق، وفيزياء الكلام، ضمن منظور علمي يمتد. واستمرت الجهود خلال السنوات الماضية حتى بلغت درجة متقدمة في فهم طبيعة الكلام وإدراكه من مصدره إلى مقره ضمن منظور علمي صرف.

وعلى الرغم من أن العرب قد أسهموا في هذا المجال على نحو واسع أيام النهضة العلمية العربية - الإسلامية، لا تزال الدراسات اللغوية العربية الحديثة في علم الكلام متأخرة نسبياً وتفتقر إلى الدليل العلمي المحض، واستخدام الأدوات والأجهزة العلمية التي يستفاد منها الآن في دراسة علم الكلام في الجامعات العالمية، ومن ثم بدا لي أنه من المفيد أن ينقل أحد المراجع الهامة في هذا الميدان إلى لغتنا العربية وهو «أساسيات علم الكلام» الذي كان في طليعة مراجعي عندما كنت أعدّ دراستي لنيل درجة الماجستير في الصوتيات واللغويات في بريطانيا عام 1984. وقد

أضفت إليه فصلاً متواضعاً حول إصدار الأصوات الكلامية العربية كي يكتمل الكتاب بالنسبة للقارئ العربي. ولا أجد هنا أية ضرورة للحديث عن الكتاب، إذ يمكن لمن يرغب في نبذة مختصرة أن يقرأ تقديم المؤلفين والمحتوى.

ويمكن القول، على الحملة، إن العربية تنحصر إلى معجم يجمع شتات المصطلحات اللغوية العلمية الحديثة، ولا شك في أن المسؤولية هنا جماعية، وإن كان اللغويون العرب المحدثون يتحملون القسط الأعظم من جريرة هذا التقصير في هذا الميدان، كما تتحمل ذلك المؤسسات العلمية العربية ودور النشر. ومهما يكن فإن المعاجم المتوافرة التي اعتمدت عليها في الترجمة هي:

١ - معجم المصطلحات اللغوية الحديثة في اللغة العربية. د. محمد رشاد الحمزاوي، الدار التونسية للنشر عام 1987.

٢ - معجم المصطلحات اللغوية، دار لبنان، عام 1986.

٣ - المورد، منير البعلبكي، دار العلم للملايين، 1989.

٤ - معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا، معهد الإغناء العربي، بيروت، 1982.

٥ - معجم المصطلحات العلمية والتقنية والهندسية، دار لبنان، الطبعة السادسة.

٦ - أطلس تشريح جسم الإنسان، د. عبد الرزاق العبيدي، جامعة بغداد، 1980.

٧ - معجم المصطلحات اللغوية، د. زمزي البعلبكي، دار العلم للملايين، 1990.

ويعد التدقيق والتدقيق، اعتمدت معظم المصطلحات التي اعتمدتها هذه المعاجم. لكنني أثرت ترجمة المصطلحات اللغوية الآتية وفق ما يقابلها على هذا النحو:

جهر: Voice.

صوت مجهور: Voiced sound.

صوت غير مجهور: Voiceless Sound.

واحتفظت بمصطلح «الهموس» للدلالة على «Aspirated sound» في اللغة
الانجليزية فنقول:

«صوت مهموس» Aspirated sound كما في [kʰa] في ^{car} [kʰa].

صوت غير مهموس: unaspirated sound كما في [p] في spoon [spʊn].

أصوات الوقف: stops.

الأصوات الاحتكاكية: Fricatives.

أصوات الوقف - الاحتكاكية: «Affricates» لأنها تتألف، في واقع الحال، من
صوت وقف بتحرير صوت احتكاكي، وبجئنا هذا المصطلح إضافة لمصطلح جديد
كما فعل الحمزاوي، حيث سماها «شدنية - رخوة». وأمل ممن توافرت لديه الخبرة
والدراية أن يصحح، ويقترح، ويضيف في محاولة لتشذيب المصطلح اللغوي العربي
وصقله. وينتهي الكتاب بقائمة تتضمن معظم المصطلحات المستخدمة في علم الكلام
نقلتها إلى العربية بتمامها.

وفي الختام أود أن أشكر كل من ساهم في إخراج هذا العمل إلى حيز الوجود
وأخص بالشكر شركة Williams & Wilkins التي منحتني الإذن بالترجمة، والدكتور
عيسى العاكوب الذي راجع النص لغوياً.

أمل أن يسدّ هذا الكتاب، بالإضافة إلى الكتاب الأول الذي نقلته إلى العربية
وعنوانه «المنظومة الكلامية»، ونشره معهد الإنماء العربي بعض الخلل في بناء مكتبة
عربية تلمّ بتقنيات علم الكلام الحديث خاصة، واللغويات الحديثة عامة.

والله الموفق

عبي الدين حمدي

تقديم

إن الباحث على كتابة هذا النص سد الحاجة إلى كتاب شامل ولكنه أساسي حول علم الكلام*. لقد واجهتنا معضلة عدم وجود نص يفي بالغرض لطلبة المرحلة الجامعية الأولى أو لطلبة الدراسات العليا في اختصاص «علم الكلام»، والحق أن هناك عدة كتب يمكن أن تفي بالغرض، لكن كلاً منها كان إما متقدماً للغاية أو ضعيفاً في مجاله ومنظوره؟ ومن ثم ثلثت الحاجة في نص سهل الفهم ويحتوي على معلومات بشأن إصدار الكلام، والسمعيات وإدراك الكلام.

وغالباً ما ركزت مناهج علم الكلام في الخمسينيات على إصدار الكلام، والسمع، وكان المحتوى منصباً أساساً على الشريح وعلم وظائف الأعضاء. وفي الستينيات، أضيفت دراسة سمعيات الكلام إلى العديد من المناهج. أما الآن فإن المناهج الأكثر تقدماً وشمولاً تنطوي على إدراك الكلام أيضاً. وهكذا تغطي عملية التخاطب من التكلم إلى الاستماع بنمائها، ونجد في معظم الأنسام المتخصصة بدراسات الكلام منهجاً يتبع مناطق الإدراك، واللغة والذاكرة، وتبقى دراسة إصدار الإشارة الكلامية وإدراكها من اختصاص علم الكلام، مما يسمح ببعض التشابك أو التداخل. ولا يوجد هناك أي نص متوافر يغطي هذا المنهج الواسع من علم الكلام في صورة مبسطة.

إن الجمهور الأساسي الذي يتوجه إليه هذا النص هم طلبة علم الكلام وعلمه وعلم السمع، لكن المعلومات المقدمة على قدر من الأهمية لطلبة الطب، وعلم النفس، والتربية واللغويات، وعلى نحو نموذجي، تغطي هذه المعلومات أو تبحث

* يجدر التنبيه على أن المراد بعلم الكلام هنا، وفيما يأتي في تفاصيل الدراسة، هو الدراسة العلمية لإنتاج الكلام. وليس «علم الكلام» المنطقي الذي يعتمد الجدل والتفاني مما عرفته الثقافة العربية وشاع في بيتات الاعتزال خاصة. «المتروجم»

في مظاهر وجوانب متعددة من المواد التي يناقشها هذا النص، وربما كان مثل هؤلاء القراء مهتمين بمعالجة شاملة وافية. وهذا الكتاب أولى على نحو واضح، لكنه يمكن أن يكون نصاً لطلبة دراساً علياً لم يتمكنوا من منهج في علم الكلام في مرحلتهم الجامعية الأولى. أما طلبة علم الكلام وعلوم السمع الذين شدتهم مساعدة أولئك الذين يعانون من اضطرابات تخاطبية (صعوبات في الاتصال مع الآخرين) فيسجدون المعلومات المقدمة غير كافية بشأن العمليات التخاطبية العادية التي يجب أن تفرد بها طرق العلاج التخاطبية ووسائلها. وبما أننا نتدرج في التعلم، من خلال البحث، حول العمليات العادية المجرسة في الكلام فإن الدراسة المتواصلة لعلم الكلام ستساعد في سد هذه الحاجة.

إن علم الكلام، من حيث هو علم مستقل، حديث التطور على الرغم من أن بعض جوانبه ومظاهره تاريخاً طويلاً. فالسمعية تقع عند زمن بعيد ضمن علوم الفيزياء والهندسة. بينما يمثل علم أعضاء الكلام خطراً من علم الحياة ويمثل إدراك الكلام نموذجاً لكل من علم وظائف الأعصاب وعلم النفس الحي، بينما يقع علم إنتاج الكلام وعلاقته باللغة ضمن دراسة اللغويات. ويحاول هذا الكتاب جمع هذه المظاهر جميعاً وتوجيهها.

وعندما نشرع في منهج درامي نقدم إلى الموضوع عادة بلطف من خلال قراءات ومحاضرات أولية ممتدة، وبعد الانتهاء من محتوى المنهج الأساسي ندينو من نهاية الفصل الدرامي بملاحظات استنتاجية ومناقشات وتساؤلات مثيرة. وبشبه هذا إلى حد مسرحية تقليدية، حيث ينظم المؤلف حلبة المسرح، ويكشف عن المسرحية، وبعدها يحل العقدة المسرحية. وتنعكس أحكام أصول هذا الكتاب السنية مثل هذا الترتيب، حيث تعالج الفصول الثلاثة الوسطى الثالث، والرابع، والخامس السمعية، وصدار الكلام، وإدراك الكلام. وهذه هي المادة الأساسية للمنهج يضع الفصل الأول الكلام في الإطار الأكبر والأشمل للغة. ويتناول الفصل الثاني عينات من تاريخ علم الكلام من خلال الوصف الذي قدمه عدة رواد في السمعية، والصوتيات، وعمل الكلام، وهندسة الكلام وإدراك الكلام. ولا بشكل العلماء الذين اخترعناهم سوى أمثلة عن تنوع أساليب البحث التي اتبعها من عمل في هذا الحقل وبعد أن

فدما للموضوع وتكلمنا على جزء يسير من تاريخه، ألحقا الفصلين الأولين بموضوع الكتاب الأساسي.

إن الحقيقة السمعية للكلام أدت إلى دراسة الصوت بوصفه شرطاً قلياً لفهم إصدار الأصوات الكلامية وإدراكها. ويرمي الفصل الثالث، حول السمعية، الأسس التي بيت عليها المادة الحقيقية لعلم الكلام في الفصلين الرابع والخامس. يصف «إصدار الكلام» «ديناميكية» الكلام مركزاً على بناء الأعضاء بدلاً من سماتها التشريحية؛ وقد قمنا بمحاولة جادة لتوحيد وظائف الأعضاء مع السمعية؛ لآما اكتشفنا أن أصل وسيلة لتذكر «فيزيولوجيا» إصدار الكلام تتحقق عندما تربط آليات إصدار الكلام بالمخرج السمعي ربطاً محكماً.

يمرر الفصل الخامس، الذي يدور حول «إدراك الكلام»، كيفية عمل الأذن متروعة بمناقشة حول الدلائل السمعية التي يستخدمها المستمعون وبعض النتائج المخبرية التي تلمح إلى المقدرة التي يمكن أن يستخدمها المستمعون في فك الرموز الكلامية.

يشدّد الفصل السادس، وهو حول أجهزة البحث، على الأدوات المتوافرة عادة في مخبر الكليات الصغيرة، لأنها هي التي يمكن أن يستخدمها، أو قد استخدمها، الطلبة في بحوثهم. وذكرت أيضاً بعض الأجهزة المتوافرة في مخبر علم الكلام الكبيرة، حتى تكون لدى الطالب معرفة بسيطة بهذه الأجهزة عندما تظهر في الدوريات المتخصصة.

يمكن القول أخيراً، أنه لا يمكن لنص شامل بشأن الكلام أن يغفل أو يحذف نشوء وتطوره. ويبي النظرية التي تدور في فلك هذا الموضوع في الفصل السابع شيء من الدليل التجريبي الحديث في محاولة إعادة بناء ما لا يمكن التأكد من صحته مباشرة، لكنه يظل موضوعاً شيراً حقاً.

وهكذا يشكل الفصلان السادس والسابع حل عقدة النص، حيث يؤدي الفصل السابع هذا الغرض خاصة لأن مناقشة نشوء الكلام لا تصح الكلام ثابتة في إطار أكبر محسب، بل تتطلب معرفة ببعض علم وظائف الأعصاب وبوظيفة «المصدر المصنعة» للمجرى الصوتي وتلك مواضع نوقشت في الفصلين الرابع والخامس

ولأن الكتاب يعدّ مقدمة لكم كبير من المعلومات، لا نقتصر أننا على كل موضوع مهم، ولا حتى أننا عالجنا المواضيع بعمق كبير. ونختم قائمة المراجع كل فصل، محاولة لتشجيع الطالب على متابعة كل موضوع بعمق وملء المحركات الضرورية في معلوماته. ويمكن اتخاذ النص، كما هو، مقررًا دراسيًا في المرحلة الجامعية الأولى؛ ويمكن إضافة العديد من المراجع بوصفها قراءات ضرورية إن هو اعتمد مقررًا دراسيًا في الدراسات العليا.

جلوريا ج. بوردين

كاترين س. هارس

الفصل الأول

الكلام، واللغة، والفكر

«يا شجرة الكستناء، يا شجرة زهر عميقة الجذور
هل أنت الورق، أم الزهر أم الساق
أيها الجسم المتمايل مع الموسيقى، أيها اللحظ الوضوء
كيف نعرف الراقص من الرقص».

هذا الكتاب مهتمٌ بالكلام، وهو ليس كتاباً حول اللغة أو الفكر، لكننا نودّ مناقشة الكلام ضمن سياقه قبل أن نناقشه منفصلاً. هل نحو عشوائي بعيداً عن مصدره الأساسي. إن دراسة الكلام دون الاعتراف بمصدره العقلي تشبه تماماً دراسة الأعتاب المستخدمة في صناعة الخمرة دون أي ذكرٍ لكروم العنب. فالكلام، أيضاً، شكل واحد من أشكال اللغات المتعددة. دراسة الكلام دون ذكر اللغة هل قرار دراسة نوع واحد من العنب دون الاعتراف بوجود الأنواع الأخرى في صناعة الخمرة.

ونقول بداءة إن الكلام مجرد وسيلة من وسائل الاتصال. فعلٌ مسيل المثال، تقوم أنثى القرود بوقفة طيبة جنسياً وربما كانت وقفة داعية إلى ممارسة الجنس لتعبّر عن حقيقة رغبتها في ممارسة الجنس مع فرد ذكر. بينما يعبر كلب وقف شعر رقبته، وهو يهرّ على متطفل، عن تصميغه على منع أي مزيد من التدخل أو التطل. وتعرض مملكة الحيوانات أمثلة لا حصر لها لإشارات تعبر عن حالات مختلفة ومتعددة، ضمن الأجناس الحيوانية وفيها بينها: ونحن البشر، ونحن، نستخدم عدة وسائل

للاتصال. فنحن نؤشر للآخرين بوساطة الأعلام الملوحة، ومن خلال رمز «المورس» وبوساطة البث التلفزيوني والإذاعي، وورق حواجب عينينا، وكتابة عمود في جريدة، ومن خلال الماء، ووضع الأيدي فوق الورك، وحلق الأيمان، ورسم صورة، ومد الستناء، ومن خلال القبل، والحجل، والوجل واحمرار الخدين، ومن خلال الرقص، وقذف صحن في الهواء، وأخيراً، نحن نتكلم أيضاً. إننا نتكلم في بيوتنا، وفي العمل، وفي المدرسة وأثناء اللعب، ~~إننا نتكلم~~ مع أطفالنا، ومع حيواناتنا الأليفة، ومع أنفسنا أيضاً فما الكلام؟ كيف يمكن ربطه باللغة والفكر؟. فلو أتيت لك الفرصة وعرفت إنساناً ثيلاني، من عطش في الإجماع. ~~كتاب لإعانة الكلام~~، فقد تكون لاحظت أن تعذر النطق قد رافقه بعض الآثار بشأن اللغة وبعض مظاهر التفكير أيضاً. يتصل الكلام واللغة والفكر فيما بينها اتصالاً وثيقاً، لكنه يمكن عزل كل منها عن الآخر لأنها تختلف فيما بينها في النوع

Speech

الكلام

لو كنت في بلد أجنبي، وسمعت كل الناس الذين يحيطون بك وهم يتكلمون لغة لا تفهمها، وخاصة لغة لا تمت إلى لغتك بأية صلة، لأحسست بانطباع ذي وجهين:

الوجه الأول: تبدو اللغة المحكية مثل لحظات طويلة من جدول من الأصوات المركبة الدائمة التغير من دون أية قواصل. ولن توجد لديك أية وسيلة لمعرفة نهاية كلمة وبداية التي تليها.

الوجه الثاني: يبدو هذا اللسان الغريب صعباً للغاية. ويبدو المتكلمون كأنهم يتكلمون على نحو أسرع بكثير من متكلمي لغتك، ومع ذلك، يكون الأطفال قادرين على تعلم ذلك ببساطة وسهولة. فكيف هم أذكىء يا ترى؟

يمثل هذان الانطباعان عن اللسان الأجنبي وصفاً دقيقاً للكلام، أكثر من كونها انطباعين غنيلكهما بشأن كلامنا نحن أنفسنا إذ نتصور مقدرتنا على كلامنا شيئاً لا يحتاج إلى نقاش. ويبدو كلامنا بسيطاً، لكن الأصوات تتغير بسرعة، ويتطلب ذلك براعة

نظرية مركبة ومعقدة من قبل المتكلم وليست منه سهلة ومع ذلك ينجزها الأطفال على نحو جيد في غضون السنوات الثلاث أو الأربع الأولى من العمر. وعلى الرغم من أن بعض الأطفال يلاقون فيها بعد صعوبة في تعلم القراءة، لكن الأطفال العاديين جميعاً يتعلمون الكلام ويتطورون لغة من خلال سماع كلام الآخرين. الكلام شيء سماعي؛ يمكن وصفه من خلال جوارته، وطبيعته وفترة الزمنية. إنه صوت مليء بالمعنى تمتد على محور الزمن. وما الكلام إلا إحدى الطرائق التي نستعمل فيها لغتنا، حيث نكتب، ونقرأ، ونستمع للآخرين، وهم يتكلمون أيضاً.

Language

اللغة

طبيعي أن مبحث أعفنا في فهم الكلام الغريب في لغة غير معروفة، لدينا، هو أننا زعم قلوتنا على سماع الكلام، لا نفهم الكلمات، والأصوات وقواعد اللغة، ونمثل لغة ما نظام اتصال محكم القواعد والقوانين مؤلفاً من عناصر حافلة بالمعنى ويمكن تركيبها بطرائق عدة لإنتاج جل، العديد منها جديد. وتسمع لنا معرفتنا بالإنكليزية بقول الآلي وفهمه حل أنه نثر إنجليزي:

It is hot as Hades this afternoon.

إنها حارة كالجحيم هذه الظهيرة.

لا يوجد هناك أدنى شك في أن هذه الجملة قد قُلت عدة مرات من قبل بسبب خمبول الدماغ، لكن لغتنا تسمح لنا أيضاً بقول شيء جديد تماماً وفهمه، شيء لم يسبق لنا أن سمعناه من قبل، كالشاهد الآلي من قصة توم روبنز (Tom Robbins).

In any case, and whichever the ever, upon a sweaty but otherwise nondescript afternoon in early August 1982, an afternoon squeezed out of Mickey's mousy snout, an afternoon carved from mashed potatoes and lye, an afternoon scraped out of the dog-dish of metalurgy, an afternoon that could Lull a monster to sleep, an afternoon that normally might have produced nothing more significant than diaper rash, Sissy Hankshaw stepped from a busted - jaw curbstone on Hull Street in South Richmond and attempted to hitchhike an ambulance.

Tom Robbins, *Even cowgirls Get the Blues*, Houghton Mifflin Co., 1976, p 84.

إننا نفهم هذه الجملة على الرغم من أنها من خيال روبرت نفسه، وإننا نفهمها لأننا نشاطر المؤلف معرفة قواعد اللغة. وتمكننا قواعد علم المعاني والدلالات من ربط الكلمات والعبارات بالمعاني. إننا نمتلك مع المؤلف فهماً عاماً مشتركاً حول «Diaper» «rush»، وتمكننا قواعد البناء والتركييب من احتلاك توقعات عامة مشتركة حول ترتيب الكلمات. لقد تركنا المؤلف، من حيث نحن قراء، ننظر حتى ظهور فاعل الجملة «Sissy Hankshaw». وعندما وصل الفعل «stopped»، فإننا فهمنا المتبادل للقواعد «المونولوجية» يفرض أنه يجب على الفعل أن ينتهي بـ (ed) كي يوافق الأفعال السابقة في حالة الماضي في الجملة. إن روبرت وقراءه يعرفون القواعد نفسها، أي إنهم مشتركون في اللغة نفسها. ويمكن لمستخدمي اللغة أن يكونوا مبدعين وأن يوجدوا جملاً لم نسمع من قبل.

اللغة غير الكلام، فهي شيء غير ملموس، إنها معرفة نظام اتصال خلقي، وتلك المعرفة هي في العقل. كيف تتصل اللغة بالكلام؟ يستفي نحوم تشومسكي (Noam Chomsky)، من معهد ماسوشوستس التقني، هذه المعرفة بشأن اللغة بـ «الكفاءة اللغوية»، ويميزها عن «الأداء اللغوي». والكلام هو تحويل اللغة إلى صوت. وهناك العديد من اللغات بالإضافة إلى لغة أعضاء الغلق. هناك اللغات الإيمائية: منها لغة الإشارات الأمريكية (American) التي يستخدمها الصم على سبيل المثال.

تختلف قواعد بناء لغة الإشارات الأمريكية وتركيبها عن اللغة الانجليزية. فغالباً ما يقرر التسلسل التاريخي للحوادث أو النبر ترتيب الكلمات، فعلى سبيل المثال، يفضل من يستخدم الـ (American) أن يؤشر على النحو التالي: «sun this morning. I saw beautiful» «الشمس هذا الصباح، رأيته جميلة» بدلاً من «It was a beautiful sun I saw this morning» «كانت شمساً جميلة شاهدها هذا الصباح». وإن أريد تأكيد كلمة «السينما» في: «I like the movies»، «أحب السينما»، فيقوم مستخدم لغة الإشارات الأمريكية بالترتيب الآتي:

«movies I like»، «والسينما أنا أحب». وتختلف القواعد الخاصة بالمعنى على نحو كامل. طبعاً؛ لأن مستخدم لغة الإشارات الأمريكية يربط المعاني بإشارات يصفها

بالوجه واليدين والذراعين. حيث أن شكل الإشارة، وحركاتها، وكيفية تعبيرها، ومكانها بالنسبة لباقي أعضاء الجسم تكون ذات معنى. وهنا، مرة أخرى، يمكن تسمية معرفة النظام أو القدرة، «باللغة» هنا، مقارنة باستخدامها الذي نسميه الأداء. ومثلما هي الحال في الكلام، يكون الأداء عبارة عن مقولة المستخدم. يُدلّ على الإشارات، أحياناً، بطريقة سريعة وغير كاملة. وإن مقولة المستخدم تبقى ثابتة رغم ارتكاب الأخطاء؛ فعلى ما نستخدم أثناء الكلام أقساماً من جمل، بدلاً من جمل كاملة. ونفكر عادة بشيء آخر في منتصف الجملة، ونبدأ جملة جديدة قبل أن نهي الجملة الأولى. ومع ذلك، فإنه عندما يطلب الأستاذ: «ضع سؤالك في جملة كاملة» فإن الطالب يعرف كيف يفعل ذلك. إذ إنه يعرف اللغة على الرغم من أنه نادراً ما تنعكس هذه اللغة أو تلك كاملة أثناء الكلام. كيف ترتبط هذه المعرفة اللغوية بالفكر؟

Thought

الفكر

يمكن تعريف الفكر بأنه تمثيل داخلي للتجارب، ويقترح جيروم برنر Jerome Bruner من جامعة هارفرد أنه يمكن للتمثيل الداخلي أن يتخذ شكل صور عمل أو لغة. ونعتقد أننا نستخدم كامل أشكال تجاربنا الموجودة، لكن بعض الناس يرون استخدام بعض الأشكال أكثر من غيرها، ويمكننا أن نفكر من خلال تصورات داخلية غير واضحة الرؤية عندما نفكر في حل مشكلة ما مثل: كم حبة نعتقد أنه يمكن وضعها في صندوق السيارة. وغالباً ما يفكر مهندسو العمارة والفنانون من خلال صور مرئية. ويمكن تمثيل الفكر أيضاً بوساطة عمل داخلي أو صور عضلية. وفي حل مشكلة التسليد والقوة اللازمين لوضع كرة التنس في مكان لا يصل إليه الخصم، نفكر في شروط الحركة والفعل. ويفكر الرياضيون، وبعض الفيزيائيين، وواضعو الخان رفصات الناله بالطريقة نفسها. يكتب أثنان في وصف فهمه لكيفية تفكيره على النحو الآتي:

«يبدو أن كلمات اللغة، سواء أكانت مكتوبة أو شفوية، لا تقوم بأي فعل في آلية تفكيري. وتمثل الوحدات الفيزيائية التي يبدو أنها تعمل بوصفها عناصر في

التفكير رموزاً معينة وصوراً واضحة نستطيع أن نعيد إنتاجها وتركيبها «بطيب خاطر» .
أما إن أخذ هذا النشاط التركيبي من وجهة نظر نفسية، فإنه يبدو السمة الأساسية في
التفكير الفعال المنهج قبل أن يكون هناك أية صلة بالبناء المنطقي للكلمات أو الرموز
الأخرى التي يمكن مخاطبة الآخرين من خلالها. وتكون العناصر اللفظية الذكر في حالتها
عناصر مرئية وبعضها من التمثيل غرضي : Ghiselin B. the creative process.
New York- Mentor Books, 1955, p. 43.

تبدو التمثيلات العقلية في بعض اللغات بغض النظر عن كونها لغات طبيعية أو
رياضية، على قدر كبير من الأهمية في النشاط العقلي عند مستخدمي هذه اللغات.
وعلى الرغم من أنه من الممكن أن تفكر من دون معرفة أية لغة رسمية، كما
هو واضح في حالة الأطفال الصم وبعض الأطفال الذين يعانون من عجز
لغوي، يبدو أيضاً أن الذين يعرفون لغة ما يستخدمونها في الاستعانة على
التفكير. وسنناقش الفكر من دون لغة أولاً، ثم التفكير من خلال اللغة.

الفكر من دون لغة Thought without language

لقد عانى كل منا من تجربة الحصول على فكرة وجد من الصعب التعبير عنها
شفوياً لذا تبدو الكلمات، أحياناً، غير مناسبة حقيقة. ولا تبدو أفكارنا التي عبرنا عنها
سوى ملامح بسيطة لتفكيرنا. ويظهر الناس الذين يعانون من الحبسة، وهي عدم
القدرة على الكلام بسبب آفة في الدماغ استغلال الفكر واللغة. إذ كثيراً ما يبدو من
يعاني من الحبسة كأنه يمتلك فكرة يحاول التعبير عنها، ولكن تنقصه اللغة التي يجسدها
هذه الفكرة.

يتأخر بعض الأطفال الذين لم يتعرضوا كثيراً للغة الإشارات في تعلم لغة
مجتمعتهم بسبب الصعوبات التي يلاقونها في تعلم الكلام الشفوي. لكن هانز فورت
(Hans Furth) أظهر أن القدرات العقلية هؤلاء الأطفال تتطور عن نحو طبيعي تقريباً،
وتكتب هيلين كيلر (Helen Keller)، الكاتبة الأمريكية المشهورة العمياء والصماء منذ
الشهر الثامن عشر من عمرها، قائلة إنها لم تفهم المبدأ الأساسي الأول في تعلم اللغة،
أي: فكرة تمثيل الرموز اللغوية لعناصر من تجربتنا، إلى أن بلغت سن التاسعة عندما
كان أستاذها يعلم كلمة «الماء» من خلال جعل الطفلة تلمس وجهها بإحدى يديها

أثناء نطق الكلمة وتلحس لظاهها اليد الأخرى، وعلى نحو مفاجئ، يكتشف الطفل العلاقة الراضية وبعد ذلك تعلمت هيلين مستحيات كل الأشياء بسرعة. لقد بدأ تعلم اللغة لكن هيلين لم تكن طفلة خير مفكرة قبل هذه التجربة. كان تذكروها يمثل من تحليل الصور الذهنية لزماً.

ويلخص عالم النفس السويسري جين بياجيه (jean piaget)، من خلال مراقبته للأعمال العاديين أن الإدراك يتطور ويتغير مستقلاً، وتتداخل اللغة مع العقل وتنعكس، حتى تفكير الطفل، لكن اللغة لا تقرر التفكير أو الإدراك. ووفقاً لرأيه، فليس من المعبد تدريب الطفل على لغة ما إن أريد تطوير إدراكه. إلا أنه يرى أن مراحل التطور الإدراكي عند الطفل تنعكس في استخدامه للغة.

وقد لاحظ ليف فيجوتسكي (Lev Vygotsky) الروسي، أيضاً، برهاناً على وجود إدراك وفهم غير لغويين عند الأطفال. ويبدو الرضع فيها للعلائق ومفردات على حل المشاكل على نحو منفصل عن استخدامهم للغة، تماماً مثلما يستخدمون أصوات الببغاء التي تبدو خلواً من أي محتوى ذهني. وبعد ذلك يتحد الفكر واللغة في تطور الطفل.

الفكر واللغة Thought and Language

لقد مثل الإسهام العظيم لفيجوتسكي في فكرة حول «الكلام الداخلي». قبل الرغم من أنه علق اللغة المبكرة قضاية الوظيفة أساساً، المحفظ بالقول إن بعض الاستخدامات المبكرة للغة هي استخدامات فردية. أي: يخاطب الطفل فيها نفسه. ويقل الجهر بالكلام الداخلي بين سن الثالثة والسابعة تدريجياً. ويصبح كلاماً داخلياً غير مجهر ليعتدو إحدى طرائق النحوى. والكلام الداخلي، في هذه المرحلة ليس بكلام ولا لغة؛ إنها شيء يقع بينهما. فعندما يفكر مستخدمون اللغة، فإننا نفكر ضمن جزئيات لغوية، وعبارات مختصرة، حيث تنتهي الكلمات بسرعة، أو لا تظهر إلا جزئياً.

يوافق بياجيه وصف فيجوتسكي للكلام الداخلي؛ حيث لاحظ الأولى بدايات الكلام الداخلي في كلام الأطفال أثناء بحثه وتحليله. حيث يردد الأطفال في سن ما

قبل المدرسة عبارات وكلمات يسمعونها حولهم (ترديد الألفاظ) ويدمجونها في أحاديث مناجاة النفس حيث يتكلمون على ما يفعلون، وعلى الألعاب التي يلعبون بها، والصورة التي يرسمونها. ويمكن لحجرة حضانة أطفال أن تتكلم يكاملها، حيث يأخذ فيها الأطفال أدولاً كما في المحادثة، لكن كل طفل، في هذه الحالة، يتكلم على تجربته الخاصة في «مونولوج» جماعي. إن النقطة التي يؤكد عليها يلاجيه هي أن اللغة التي يستخدمها الأطفال تعكس مرحلة من التفكير نادراً ما يأخذ فيها الأطفال وجهة نظر الآخرين. حيث يروون الأشياء من وجهة نظرهم هم أنفسهم، ومن هنا نحصل على الكلام الفردي. وتتناقص درجة تكرار الكلام الفردي تدريجياً بتزايد نسبة تكرار الكلام الاجتماعي. فلماذا تكلمنا على نحو آخر مع أنفسنا كما نتكلم مع الآخرين، فهل يساعد هذا الكلام الفردي على التفكير؟

اللغة والكلام كناقل للفكر

Language and speech as a carrier for thought

لا تحدث الأفكار على نحو متعاقب أو متالٍ دائماً. ويمكن لفكرة أن تشكل أحياناً عملية ربط تُرى فيها مرآة النفس بوصفها كلاً متكاملًا. ونشوء هذه الفكرة عندما نحدّثها أو نسطها على محور زمن اللغة والكلام. وعلى الرغم من هذا التشبيه هناك العديد من المعاسن في استخدام اللغة كمثلة الفكر. وتساعدنا اللغة على جعل الفكرة أو التجربة حية موجودة. فمن خلال التعبير عن الفكرة كلامياً أو من خلال صيغة رياضية يمكن توضيح الفكرة بسهولة أكبر ابتغاء مزيد المناقشة والتمحيص. وتساعد اللغة الفكر لتقديم إطار يحفظ المعلومات في الذاكرة، وتساعدنا اللغة في التعبير عن أفكار حول النفس، والأماكن، والأشياء الغائبة.

لقد نُظر إلى اللغة في كل هذا النقاش بوصفها وعاء يحمل الفكر وانعكاساً له، لكنه لم يُنظر إليها بوصفها مفرداً للفكر. وقد اقترح الختمية اللغوية العوي إدوارد سابير (Edward Sapir) وصاغها على نحو أقوى تلميذه بنجامين وورف (Benjamin Whorf). ويمكن صياغة فرضية «ورف» في صورتها المثل على النحو التالي:

«تحدّد اللغة نمط الفكر». لكن فرضية «ورف» غير مقبولة الآن على الجملة.

ولقد صيغت بناءً على مادة لغوية مقارنة تظهر أن اللغات تختلف في عدد المصطلحات من مثل تلك الدالة على اللون أو الثلج .

وكان التبرير والمحكمة العقلية في أن الناس الذين امتلكوا عدة كلمات للثلج قد ميزوا اختلافات وفروقات قُبل في تمييزها-أولئك الذين لم يمتلكوا سوى كلمة واحدة. وهكذا، فقد حدثت اللغة تجاربه وتفكيرهم. ويمكن صياغة صورة مصغرة من فرضية وورف على النحو الآتي: ربما كان تكلم شخص من الأسكيمو على الثلج أسهل منه على إنسان في غواتيمالا، لكنه لا يوجد اختلاف جوهري في إدراكها أو مقدرتها في التفكير حول الثلج. ويمكن لاهتمامات مجموعة تكلم لغة ما وحاجاتها أن تختلف عن حاجات مجموعة سواها تكلم لغة أخرى، ومن هنا تأتي الاختلافات في الكلمات.

فموضاً عن مقارنة اللغات، يمكن للمرء أن ينظر إلى لغة بعضها ويلاحظ الاختلافات المعتمدة على الانشاء إلى مجموعات إجتماعية مختلفة. وقد استخدم العالم اللغوي - الاجتماعي باسيل برنشتاين (Basel Bernstein) الفروق الثقافية بوصفها شرحاً وتفسيراً للاختلافات اللغوية التي لاحظها بين أبناء الطبقة الوسطى وأبناء الطبقة العاملة في بريطانيا. فعندما طلب من الأطفال وصف صورة ما على سبيل المثال، كان جواب طفل الطبقة الوسطى النموذجي واضحاً نسبياً، مستخدماً العديد من الأسماء، حيث يمكن للمرء تصور الصورة دون الحاجة لوجودها. بينما كان الجواب المثالي لطفل من الطبقة العاملة في وصف الصورة نفسها أقل استخداماً للأشياء وكان يبدل بين كلمات «هو» أو «هم» أو «هي» أو «هو أو هي» لغير العاقل، بحيث يفقد من الصعب جداً تحليل الصورة من الوصف وحده دون وجودها. وقد هذا برنشتاين هذا الاختلاف إلى فروق حضارية ثقافية، حيث تمتلك العائلة من الطبقة العاملة تسلسلاً هرمياً صارماً، وبذلك لا يتوقع أن يكون الأولاد بارزين أو واضحين في العائلة، بل عليهم السماع لرَب العائلة. بينما تكون الحالة في عائلة الطبقة الوسطى أقل استبداداً حيث لكل فرد منها رأيه. وبالإضافة إلى ذلك غالباً ما يتكلم عضو العائلة العاملة على تجارب مشتركة وبذلك يصبح السياق واضحاً. بينما كثيراً ما يميل طفل الطبقة الوسطى إلى التكلم على تجاربه الفردية، ولا يستلزم الكثير من المعرفة من جانب المستمع. لكن استخدام برنشتاين لمصطلحي «الرمز المقيد» في حالة الطبقة العاملة، و «الرمز المفضل المحكم» في

حال الطبيعة الوسيط لم يكن موفقاً لأنه يتضمن معنى كلاسيكياً يرفضه برنشتاين نفسه لكن دراساته، على أية حال، تشير إلى تأثير العادات الثقافية الحضارية، إن لم تكن مروقاً في التفكير، في اللغة.

فعل الرغم من الاختلافات البسيطة في استخدام اللغة من جانب أناس يشتركون فيها، وعلى الرغم من الاختلافات الأكبر بين اللغات المتنوعة في العالم في البناء التركيبي والمفردات ربما كانت هناك بعض السمات العالمية الموجودة في كل اللغات الإنسانية ولمعرفة مدى صحة هذا الكلام، يجب على المرء أن يكون قادراً على تعلم شيئاً ما عن العقل البشري كما يقترح تشومسكي، من خلال دراسة قواعد اللغة والإنسانية وقوانينها:

«هناك العديد من الأسئلة التي تقود الإنسانية إلى دراسة اللغة. أما أنا شخصياً فإني مهتم أساساً بإمكانية تعلم شيء ما من دراسة اللغة يعني لي بعض سمات العقل البشري الأساسية».

«Chomsky, N. Language and mind, New York, Harcourt Brace Jovanovich, Inc. 1972, P. 103.

فلو عندنا اللغة مجموعة من النظم والقواعد يتم من خلالها توليد عدد غير محدود من الجمل، مستخدمين مخزوناً من الكلمات يتسع باستمرار ليشمل كل المفاهيم التي يختارها المرء للتعبير والإيضاح لاكتشفنا، هذئذ، أن الإنسان هو المخلوق الوحيد، المعروف حالياً، الذي يمتلك اللغة. وعامل آخر يبدو أنه يخص الإنسان وحده هو استطاعة الإنسان التكلم على لفته. وربما كان الكائن البشري العاقل المخلوق الوحيد على الأرض الذي يستخدم عقله في محاولة فهم العقول الأخرى. ويستخدم اللغة كي يفهم اللغات الأخرى. ويبدو التباين بين التفكير واللغة والكلام على نحو أفضل وأوضح إن نحن بحثنا بعمق في تطور اللغة عند الأطفال العاديين.

تطور اللغة والكلام Development of language and speech

يمتلك الأطفال لحظة الولادة القدرة الكامنة على الكلام والتعبير على الرغم من أنهم

لا يستطيعون فعل أي شيء عثما يكونون رضعاً فهم منحوون الأنظمة العصبية -
 الميراثية المناسبة وراثياً؛ لكنه لا بد من وقت حتى تتطور هذه الأنظمة وتنضج. يعادل
 حجم الدماغ ساعة الولادة 40 % من حجمه في سن الرشد. بينما تنتظر الأقسام الثانوية
 الأخرى، والمجرى الصوتي، والساقان التغير البيوي ونمواً حركياً - حسياً مرافقاً ومناسباً -
 للكلام والمشي. يبدأ الأطفال القعود في سن الستة شهور، وينطقون كلاماً لا معنى له في
 تجريب أعضاء نطقهم، وربما بدأوا المشي وتسمية بعض الأشياء بحلول عيد الميلاد
 الأول، وربما استطاعوا تركيب كلمتين معاً في جمل أولية تصلح لمئة برقية. وبحلول عيد
 ميلادهم الرابع تجددهم قد تمكنوا من القواعد الأساسية للغة من هم أكبر منهم سناً.
 وتمثل السرعة والسهولة المظاهرة التي يتعلم بها الأطفال اللغة ظهيرة من ظواهر الطفولة
 لا يمكن للراشدين تكرارها بتلك السهولة. يتعلم العديد من الراشدين لغات جديدة،
 وخاصة أولئك الذين يمرضون عدة لغات عطفاً لكن أنسب وقت لتعلم اللغات هو من
 ما قبل البلوغ (Puperty). وقد حثد العلم في علم وظائف الأعضاء النفسي، الكندي
 وايلدر بنفيلد (wilder penfield)، العمر الفاصل بين الخامسة عشر عاماً. لكن أفضل
 الوقت وأنسب لتعلم اللغات هو السنوات الأربع الأولى من العمر.

وقد عمل علماء النفس، واللغويون، وعلماء الكلام دولماً كليل على ما ينجزه
 الأطفال عالمياً بسهولة وسرعة ولم يحققوا سوى درجة بسيطة من النجاح. والسؤال الذي
 يطرحونه هو: كيف يكتسب الأطفال اللغة؟ ويمكن تقسيم المنظرين حول هذا
 الموضوع، على الجملة، على مجموعتين. تحلل المجموعة الأولى نمو اللغة وفقاً لمبادئ
 التعليم. بينما تعامل المجموعة الثانية من المنظرين مع نمو اللغة وفقاً لمبدأ فطرية
 اللغة، وربما كان الرأي الحالي الأكثر قبولاً وانتشاراً هو أنه لا يتم تعلم سوى المقدرات
 الخاصة باللغات بينما يعد البناء الأساسي الجلافي في اللغة صفة عالمية تورثها كل لغات
 الإنسانية في العالم.

نظرية التعلم واللغة Learning Theory and Language

التعلم في المعنى الكلاسيكي هو صياغة رابطة جديدة أو ترابط بين منته
 واستجابة ونج عن التجربة الكلاسيكية التي أجراها الروسي إقان بيتروفش بافلوف

(Ivan Petrovitch Pavlov)، في روسيا عام 1920، إيجاد نوع من الترابط بين رنين جرس وسيلان لعاب كلب. وكان هذا الترابط جديداً، وعدّ تعلماً لأن الكلب لم يسَلْ لعابه عند سماع رنين الجرس قبل الخبرة. وقد أنجز هذا السلوك للتعلم أو الإستجابة المقيدة من خلال الربط بين المنبه غير المشروط، وهو مدقوق من اللحم في هذه الحالة، والمنبه المشروط أو المقيد وهو الجرس. وبما أن مدقوق اللحم يسبب، لا إرادياً، ازدياداً في سيلان لعاب الكلب (استجابة فيزيولوجية اتوماتيكية للطعام)، فإن تقديم مدقوق اللحم مع رنين الجرس قد أوجد رباطاً عصبياً بين الاثنين، من ثمّ فإن مجرد رنين الجرس سيسبب سيلان لعاب الكلب في نهاية المطاف. ويمكن توضيح ذلك بالمخطط الآتي:

1. منه أو مؤثر غير مشروط (مدقوق اللحم) = استجابة غير مقيدة أو مشروطة (سيلان اللعاب).

2. - منه أو مؤثر غير مشروط (مدقوق اللحم) ← استجابة غير مقيدة
- منه أو مؤثر مشروط (رنين الجرس) ← (سيلان اللعاب).

3. منه أو مؤثر مشروط (الجرس) ← استجابة مقيدة أو مشروطة (اللعاب).

تتمثل الإستجابة غير المقيدة في التقيد الكلاسيكي في كونها غير طوعية (الشرق - التغير في سرعة نبضان القلب، سيلان اللعاب) ومعروفة الباحثة (شيء مرغوب، الطعام). وهناك النموذج آخر للتعلم تكون فيه الإستجابة غير المقيدة تحت السيطرة الطوعية. (يقوم الخاضع للتجربة بدمج مزلاج أو إحداث صوت، ويكون السبب غير واضح تماماً، وفي هذه الحالة لا يكون التعلم مؤثراً أو فعالاً بسبب إزدواجية المنبه، ولكن فعاليته تكمن عن طريق التنويه والمكافأة، ويسمى هذا الأسلوب بـ «التقيد الفعال». فإذا كوفئت الاستجابة الفعالة بالطعام، والمليح أو بعض الخاصيات الإيجابية الأخرى، سيقوى السلوك عندئذ، أما إن عوقبت الاستجابة بالصلصة الكهربائية، والتقد أو بعض الخاصيات السلبية الأخرى فإن السلوك يضعف. ولقد طُوّر التقيد الفعال الأمريكي بـ ب. ف. سكينر (B.F. Skinner)، وفصل تطبيق نظريته في تعلّم اللغة في كتابه «Verbal behaviour». يكتب سكينر قائلاً إنه يتم تعلم اللغة من خلال مشجعات ومقويات متحبة يُزود بها الطفل عند استخدامه للغة للتحكم والعمل في البيئة المحيطة

وثمة منظر آخر في عملية التعلم هو و. هـ. مورير (O. H. morrison) الذي اقترح أنه يمكن للتقوية والمكافأة ألا تحدثا استجابة ملحوظة دائماً، لكنه يمكن للاستجابة أن تحدث داخل الطفل نفسه. ففي الطلب الظاهر يؤسس ربطاً نطقاً «ماماً» بمكافأة الأم الحاضرة للطعام وأسباب الراحة استجابة متعلمة. أما في حال الاستجابة الداخلية فإن الطفل يكتشف أن مجرد كلمة «ماماً» تولد أحاسيس ومشاعر إيجابية حتى إن لم تنطق الكلمة بصوت عالٍ. وفي نظرية مورير التي يسميها نظرية «الاسترسال» يقوم الأطفال بتكرار بعض الكلمات الجديدة «بصوت خافت» في صلوهم - التي مسموعها بحيث تشكل هذه الكلمات مكافآت داخلية كافية بحيث يتعلمها الأطفال أو تصبح سلوكاً مقيداً أو مشروطاً. وتفسر لنا هذه النظرية نطق الأطفال المفاجئ لبعض الكلمات التي تعلموها ولم نسمعهم ينطقونها من قبل.

لا شك في أن نظريات التعلم تشرح لنا الكثير من الحقائق بشأن اكتساب المعاني لدى الأطفال بما في ذلك تعلم معاني الكلمات. حتى إنها يمكن أن تشرح لنا المراحل الأولى في اكتساب التراكيب النحوية أو السق اللغوي في لغة معينة. ويمكن لنطق الأصوات على نحو صحيح أن يعتمد هل مكافأة كونه مفهوماً وربما مطاباً لحسب. فلو نطق طفل مثلاً، «Toot» دون أن يلاحظ أية مكافأة فإنه سيحاول نطق /tʊt/، «dook» التي ستجلب النتيجة المرجوة في المكافأة المطلوبة، من ثم سوف يستخدم /tʊk/ في المستقبل دائماً.

نظرية الفطرة Innateness Theory

هناك الكثير، على أية حال، حول نمو اللغة وتطورها مما لا يمكن لنظريات التعلم تفسيره. فمستخدمو اللغات الإنسانية مبدعون في استخدامهم للنظام اللغوي. إنهم يفهمون ويضفرون جملاً لم يسمعوها من قبل قط. من ثم لا يمكن أن يكونوا قد تعلموها. ويقوم الأطفال، بعد استماعهم لعدد وفير من اللفاظ، بالنقاط القواعد والقوانين ويستخدمونها في فهم جملة جديدة أصلية وأصداً لها. ويمكن أن يتعلموا أن صيغة الماضي الشاذ لفعل «run» هي «ran» من خلال التعلم التقليدي، ولكنهم متى اكتشفوا قاعدة الزمن الماضي في الفعل القياسي فإنهم يميلون إلى قول «runned» عوضاً

عن «can» بسبب تغلب غريزة الكشف والبحث عن القواعد عندهم على المفردات التي تعلموها بشكل تقليدياً. يعتقد معظم علماء اللغة النحويين أن المقدرة على استخلاص قواعد اللغة هي مقدرة فطرية، ويعتقد بعضهم الآخر أن مظاهر التراكيب النحوية هي فطرية أيضاً.

Lingulstic Competence

الكفاءة اللغوية

لعل أكثر النماذج كتابةً عن هذه الفكرة على نحو مقنع اللغوي الأمريكي ناهوم تشومسكي، فهو جريص على التمييز بين الكفاءة اللغوية التي يمتلكها متكلم اللغة، وتتمثل في القواعد التي يستخدمها المرء في إصدار جملة، والأداء اللغوي الذي يتألف من الكلام الذي نلفظه بغض النظر عن درجة بصرته وتقسيمه، وما على المرء إلا أن يقارن كلام مفرد بكلام بكيء حتى يكشف مبلغ الاختلافات الكبيرة في الأداء اللغوي. لكنه يبدو أن الكفاءة اللغوية الأساسية موجودة عند كل الأشخاص العاديين. ويعتقد اللغويون أن هذه المعرفة الأساسية هي نفسها التي يولد الناس وفي مقدورهم اكتسابها. يقدم إريك لينبيرج (Eric Lenneberg) دليلاً «فيزيولوجياً» على الكفاءة اللغوية في العائلة الإنسانية. وفي رأيه أن اللغة ليست مورثة فحسب، بل إنها خاصة جنسية، أي: لا يمكن أن يدركها إلا الإنسان العاقل..

يشكل التفكير أساس اللغة. ويمكن للأطفال أن يتكلموا على ما يعرفونه فحسب، لكنهم ربما عرفوا أكثر مما يستطيعون التعبير عنه من خلال لغتهم التي لما تكتمل بعد. يكشف علماء النفس اللغويون أن الأطفال يفتشون عن النماط متكررة معتمدين على اللغة التي يسمعونها حولهم. ويبدو أنهم يصوغون افتراضات حول القواعد اللغوية ويطبّقونها بطريقتهم الخاصة. ولا تظهر لغة الأطفال على أنها تقليد مقلد مشوه للغة الراشدين حولهم، بل تبدو كأنها لغة مختلفة تماماً بقواعدها الخاصة؛ حيث لا يمكن التفريق بين قواعد النظام التركيبية، والمفردات المعجمية والنظام الصوتي نسبياً في لغة الأطفال. ويمكن أن تضم قاعدة النفي عند الأطفال استخدام «NO» مع جملة توكيدية على نحو «No go home» على الرغم من أنهم لم يسمعوها مثل هذه الجملة في لغة الراشدين من حولهم. ويمكن أن تشمل معاني الأطفال لكلمة «doggie» كل الحيوانات ذات القوائم الأربع؛ ولا يميزون هذا المصطلح إلا في مرحلة لاحقة. يمكن للنظام

تحويل الجملة النشطة للمعلوم إلى جملة مبنية للمجهول:

T passive: NP₂ be + verb + en + by NP₁

عبارة إسمية (1) + بواسطة + اسم المفعول من الفعل + فعل الكون + عبارة إسمية (2).

«The eggs are taken by the girl».

النظام الصوتي: «eggs» = [egz]

تمثيل تقلمي:

تبدل (ج) المجهولة صوت (س) اللاحق إلى صوت مجهور فصيح /ز/، من ثم نحصل على /ز/.

والمورفيم هو أصغر وحدة لغوية تعني شيئاً ما. فكلمة (cat) مؤلفة من مورفيمين: (s), (a), (t) التي تعني أكثر من واحد. والمورفيم هو عائلة من الأصوات توظف في اللغة للإشارة إلى اختلاف في المعنى. وحقيقة اختلاف (cat) عن (pat) في المعنى تظهر أن كلا من /p/ و /b/ فونيم قائم بنفسه في الإنجليزية. والمورفيم، بما هو كذلك، لا معنى له. ولا يمكن وصفه من حيث هو صوت أيضاً، فالحق أن الفونيم يمكن أن يظهر بوصفه واحداً من عدة أصوات مختلفة، حيث نجد أصوات /p/ في «paper»، «spoon» و «top» مختلفة من كلمة إلى أخرى. فالأول متبوع بثلاثة هوائية، والثاني من دونها والثالث من دون فتح للشفتين البتة. ونسمى أشكال الفونيم المختلفة بـ (الالفونز - الصوت المنطوق - Allophones) وتسمى الأصوات نفسها بـ (فونز - الأصوات المنطوقة - phones). وهكذا نجد أننا نستخدم مصطلح «فونيم» عندما نرغب في الإشارة إلى وظيفة عائلة صوتية في اللغة. للإشارة إلى اختلافات في المعنى، بينما يُستخدم مصطلح «فون - phone» عندما نرغب في الإشارة إلى صوت محدد. تشير المائلات إلى الفونيمات /p/ على سبيل المثال؛ بينما تشير الأقواس الموصوقة إلى الصوت المنطوق مثلاً [p]. ويمكن للهجائية العادية أن تحدد وتميز العديد من الأصوات دونما لبس، أما ابتغاء وصف بعض الأصوات الأخرى، فإننا نحتاج إلى طريقة تحدها بدقة ووضوح. وأكثر الوسائل شيوعاً

في وصف أصوات الكلام هي الألفبائية الصوتية العملية التي تظهر في الملحق رقم - 1 - .
تنشأ اللغة الشفوية عن معرفة معانٍ توضع في تركيب وترمز لعبيراً في أصوات
كلامية . ومنحتم هذا الفصل بأنموذج التشبيك والتشاكل والتحويل ، كما نراها في
الانتقال من الفكر إلى الكلام .

من الفكر إلى الكلام From thought to speech

تقف فتاتان يا فتان في متحف فيلادلفيا للفنون أمام لوحة للفنان هنري ماتيس
(Henry Matisse) عنوانها : «Odalisque» ، فتقول الأولى للثانية : «أنظري إلى
هذه الصورة ، هناك شيء ما يحول الوجوه ، وتذكرني بالخطاط العامة ببعض الرسوم
اليابانية التي رأيته في متحف في نيويورك» .



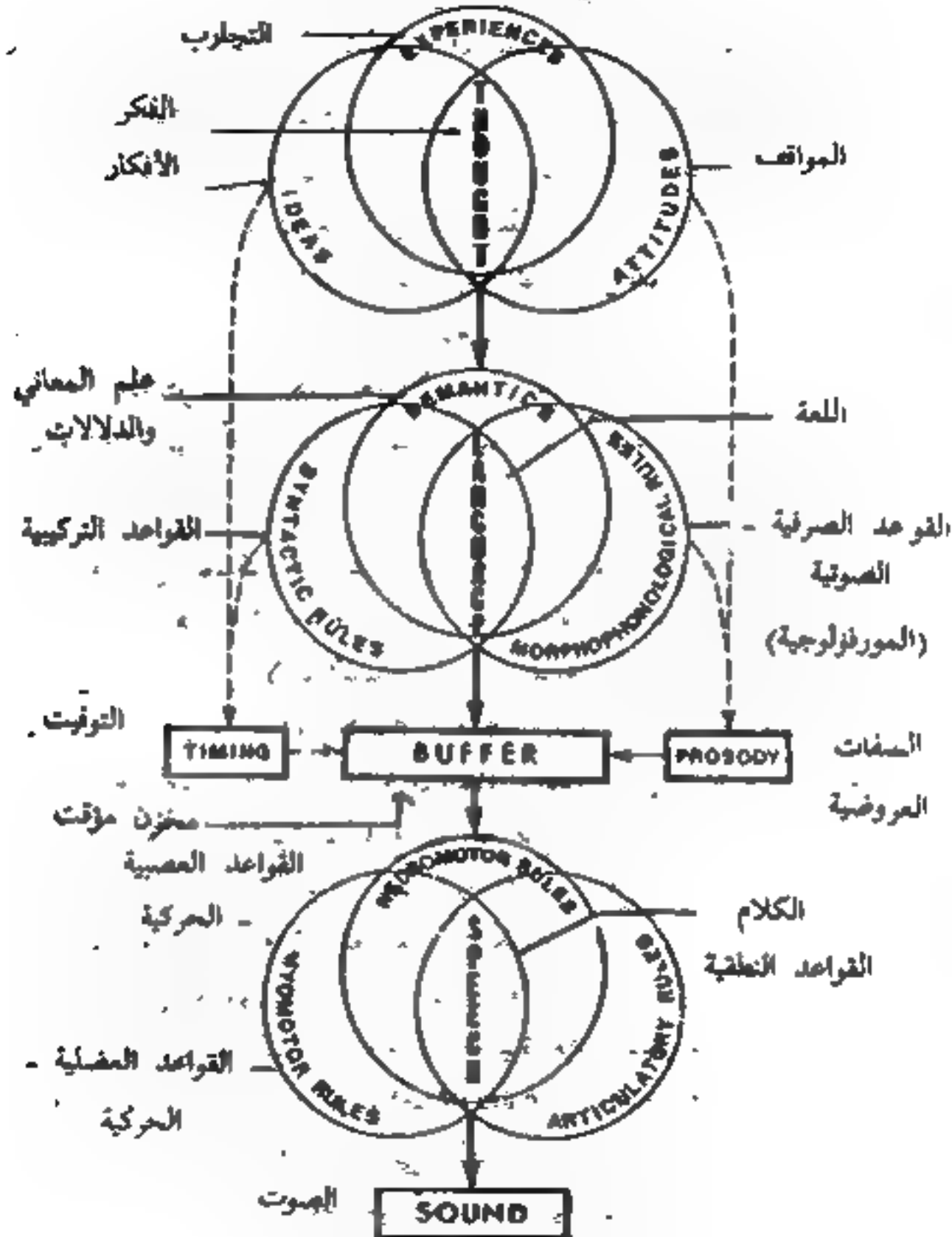
الشكل 1.1 : صورة من رسوم «Matisse» بعنوان «Odalisque» متحف فيلادلفيا الفني :
سموئيل . م . وايت ، 111 مجموعة فيرا وايت .

لا يمكننا إقترافنا أننا نعرف كيفية اشتقاق هذا اللفظ من خلال المعرفة اللغوية للغة، وأساساً من عملياتها الفكرية، لكننا يجب أن نفترض أنه تم الرجوع إلى تجارب مصرية محزنة بشأن الرسوم والسمات اليابانية، وتم الربط بين الأقسام المنطوقة على مستوى رفيع في أعمال الخشب اليابانية (12) والسمات الموجودة في رسم «ماتسي»، الشكل (1)، ويجب أن يكون الدخول في هذه العملية قد أثار بعض السعادة، على نحو ما، وموقفاً إيجابياً أيضاً حتى تمت التأثيرات والنتائج الموجودة.



الشكل 1.2: أعمال خشب يابانية لـ «كيوناجا» - «Kyonaga»، بعنوان «تنفيذ شيجوكي للخط»، 1783، متحف فيلادلفيا الفني. إهداء السيدة. جون د. روكهله

يمثل الشكل (1.3) أنموذجاً للفكر واللغة والتحويلات الكلامية. ويشير تداعيل الدوائر وتشابكه إلى العلاقات المتبادلة القائمة وتزامن أيضاً.



الشكل 1.3 - أنموذج يظهر الإسهامات المتنوعة للعوامل المعديفة في خرج الفكر، واللغة ومراحل الكلام.

ترتبط التجارب البصرية والجمالية للفتاة، في كل من الحاضر والماضي، بأفكار تمتلكها حول تشابهاتها ومشاعرها حول الصور. وقد اختلرت الفتاة التعبير عن فكرها في اللغة لتنتقل استجاباتها حول الصور إلى صديقتها.

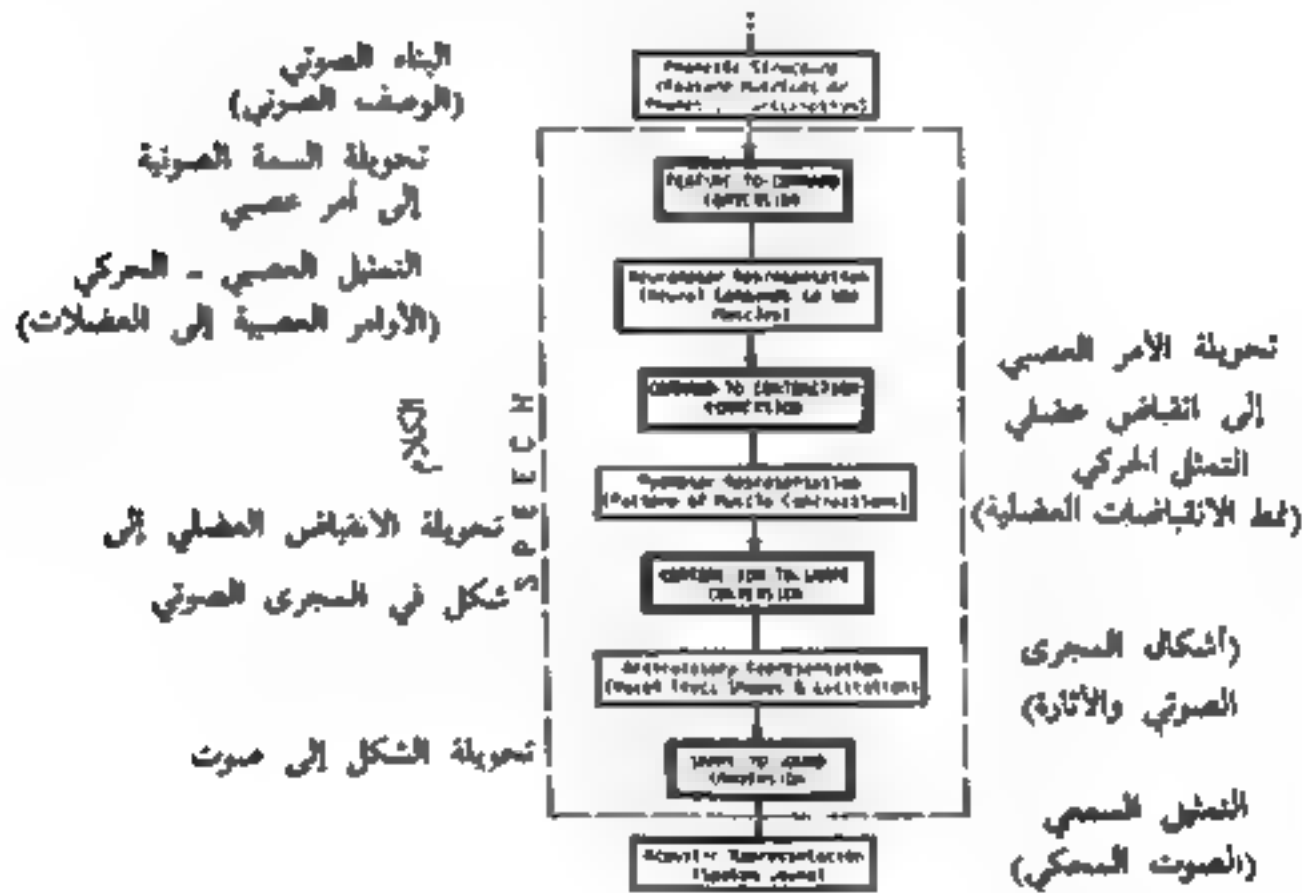
هناك العديد من الطرق التي يمكن للفتاة أن تستخدمها في إضفاء إطار على أفكارها ومشاعرها، ولكنها معتمدة على بعض القرارات المعنوية، والتركيبية والمورفولوجية، فقد عبرت عن فكرتها باللفظ الذي استشهدنا به آنفاً. كانت مقيدة بقواعد لغتها وقواعد آلية أعضاء نطقها وقوانينها. ولن تقوم بأية محاولة لإيضاح كيفية تحويل المعنى إلى شكل جاهز للكلام. وتتعرف أيضاً بأنه يمكن إرسال الفكرة بالكتابة أو بشكل من أشكال لغة الإيماء، كما هو الحال، بالكلام. وإن اختارها للكلام يعني أنها كانت جاهزة لنقل الرسالة أو الفكرة إلى صديقتها التي سمعتها أخيراً.

يبدو من الممكن أن أقسام الرسالة تخزن مؤقتاً في مخزن جاهز للإصدار. وتكون أطوال هذه الأقسام في طول الجملة أو العبارة. ويأتي الدليل على هذا التخزين المؤقت من زلات اللسان. إذ إن حفيظة اقتراف بعض الأخطاء مثل «قطع السكن بالسلامي»، «He cut the knife with the Salami»، وهذا مثال فورمكس «Formix»، تعني وجود هذا المخزن المؤقت الذي مكن المتكلم من تبديل ما يجب أن يكون الكلمة الأخيرة بالكلمة الرابعة قبل الأخيرة.

ونحن ننظر إلى السمات العروضية والتوقيت في اللفظ، في أنموذجنا، على أنها تفرض على الرسالة أثناء تحويلها إلى الكلام. فعلى سبيل المثال، تبقى السمات العروضية التي تحتوي على أنماط التنغيم وأنماط النبر ثابتة على الرغم من زلات اللسان، حيث يوضع النبر على الكلمة الأخيرة بغض النظر عما قاله المتكلم «He cut the Salami with the knife» أو «He cut the knife with the SALAMI». ويعني هذا أنه توجد تعليمات مستقلة بالنسق اللفظي والصفات العروضية. وكذلك يمكن نطق اللفظ بدرجات مختلفة من السرعة، من أعلى درجاتها إلى أدناها، ويشير هذا أيضاً إلى وجود تعليمات خاصة بالتوقيت.

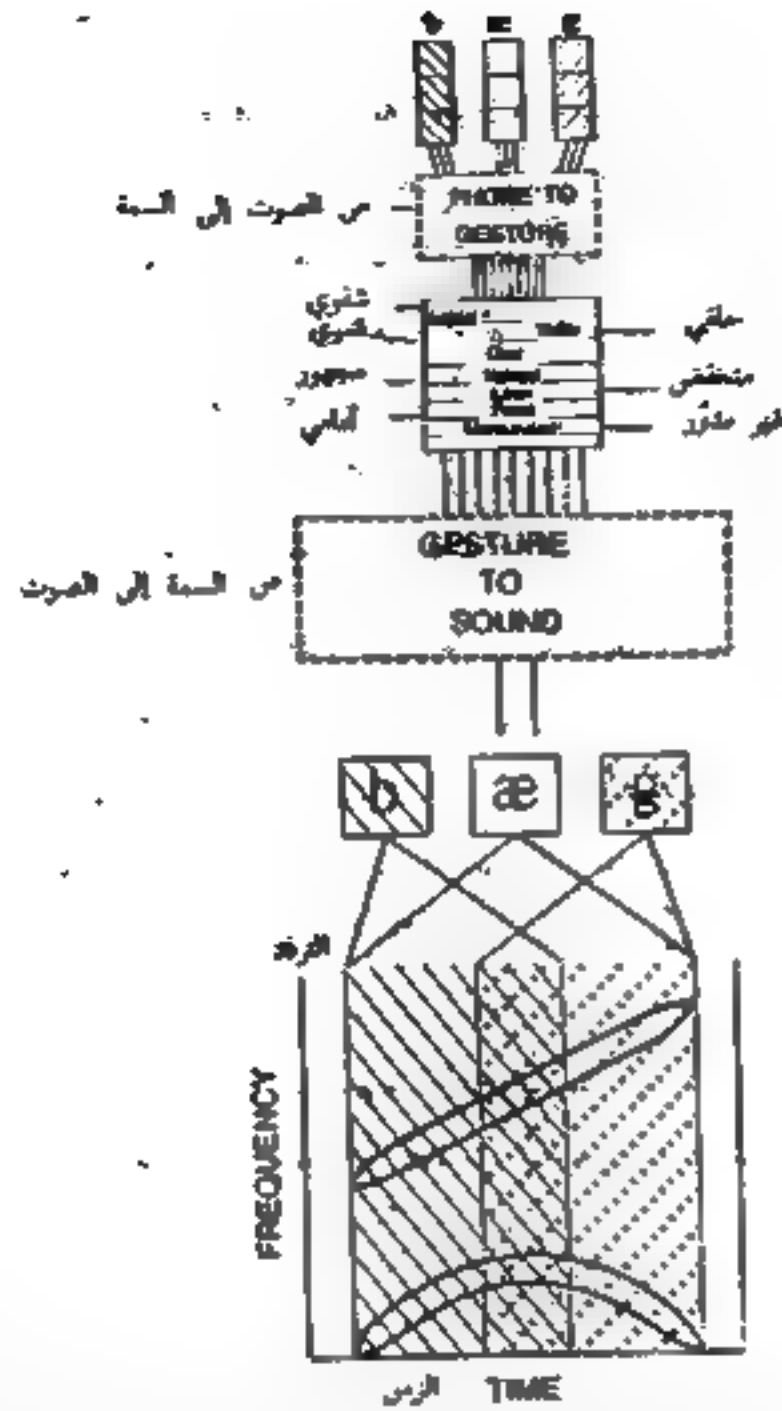
يجب أن يكون هناك تحويل عند مستوى الكلام من تمثيل للكلام محدد نسبياً

إلى النشاط العصبي - الحركي الذي يسيطر على نشاط العضلات وتغيرات التجويف والتحويلات والتغيرات الحاصلة في ضغط الهواء التي تسمح كـ «الكلام». لقد عمل ألفن ليرمان «Arvin Liberman» وقرانكلين كوبر «Franklin Cooper» - حالة للتحويل في الكلام، وهي من بقايا تحويل البنية العميقة إلى البنية السطحية التي اقترحها تشومسكي. تستخدم اللغة في التحويلات اللغوية، بينما تستخدم التحويلات الحركية - العصبية، والحركية - العضلية، والقواعد المنطقية في الكلام دون ذكر في الوقت الحاضر، لأي من آليات الضغط الحي من أجل التبسيط في الموضوع. يظهر الشكل (1.4) مخططاً للتحويلات الهامة في عملية التكلم:



الشكل 1.4: أنموذج لعملية إصدار الكلام ومن المعتقد أنه يمكن تمثيل كل صوت كلامي بوصفه مركباً من سمات صوتية مجردة. وتأخذ السمات السمعية شكلها العملي بوصفها أوامر عصبية إلى العضلات المنطقية التي تنظم المسجى الصوتي شكله المطلوب، ويحدد شكل المسجى الصوتي خرج الإشارة السمعية للكلامية

تعني المعلومات الصوتية في قسمها السمائي (الخاص بالسمات الصوتية) أو الأصوات الكلامية و (الوصف الصوتي) التي يقصد المتكلم إرسالها والسمات المميزة لهذه الأصوات (السمات الصوتية) كالمجهور، والغنة أو مكان الطق قد تُمثل بشكل مجرد نسبياً في المكان الذي وصفناه بالمخزن المؤقت. لقد فصلنا أربعة تحويلات في الشكل: من تمثيل الكلام الداخلي إلى النبضات العصبية، ومن السمات العصبية إلى الانقباضات العضلية، ومن الانقباضات العضلية إلى شكل الجهاز أو المجري الصوتي والتغيرات الحاصلة في ضغط الهواء، ومن هذه التغيرات إلى شكل موجة سمعية. وينتج عن هذه التحويلات، كما يظهر الشكل (1.5)، إشارة سمعية تتداخل وتتشابك فيها السمات الصوتية، وينعدم فيها الوجود المستقل لوحدات الفونيمات المجردة.



الشكل 1.5: تمثيل للترميز الحاصل في الإشارة أو الرمز الكلامي. يُنظر إلى كل صوت بوصفه مجموعة من السمات الصوتية. تحوّل مجموعة السمات هذه إلى سلسلة من الإيماعات وإلى الصوت. تتداخل سمات الأصوات الصوتية مؤقتاً في التمثيل الصوتي. سيتفّش هذا الشكل بإسهاب في الفصل الرابع.

وتطبق هذه القواعد الكلامية نفسها في أموزجنا. وتنظر إليها على أنها تحدث مترامنة، وتتصل كل واحدة منها بالأخرى اتصالاً وثيقاً.

يوجد اللفظ في المخزن المؤقت بوصفه تمثيلاً داخلياً للهدف السمعي للمتكلم (أنظر نوتيبوم «Nootaboom» فيما بعد، ونماذج إصدار الكلام، الفصل الرابع)، وبوصفه تمثيلاً داخلياً «لفيزيولوجياً» إصدار الكلام وفقاً لأبعاده الثلاثة المترابطة (أنظر ماكسيلج Macneilage في القسم نفسه). يعرف المتكلم الأصوات المرغوبة، وماذا يجب فعله لإصدارها. وتعرف الفتاة، لا شعورياً، ما أشكال التجويف، وتعبرات ضغط الهواء، المطلوبة للذهاب من نهاية «Japanese» إلى بداية «Ponto»، ومن /v/ إلى /v/ في /dʒepəniz/. ونحصل على قائمة متصلة من الكلام في تطبيق قواعده (الكلام).

ونحتاج إلى الكثير من الفهم الدقيق حول عمل هذه التحويلات. ولا نفهم بدقة أيضاً كيف يتعامل المستمع مع الكلام في الوصول إلى قصد المتكلم ومراده. إن علم الكلام هو دراسة المواضيع الآتية: إصدار الكلام، والصفات السمعية للإشارة الصوتية، وفهم المستمع للكلام وإدراكه إيائه. فلما اعتبرنا أن المخزن المؤقت هو المكان الذي تحفظ فيه الرسالة المقصود إبلاغها، فسيهتم علماء الكلام، عندئذ، بالمراحل اللاحقة لهذه المرحلة في جدول الكلام. تقع الانتقالات من العبارة المقصودة إلى شكلها السمعي عند المتكلم، والتحويلات من شكل الكلام السمعي إلى فك المستمع وموز العبارة المقصودة ضمن دائرة اختصاص تحريات عالم الكلام.

مراجع الفصل الأول

- Bernstein, B., A Socio-linguistic Approach to Socialization: With Some Reference to Education, in *Directions in Sociolinguistics*, J. J. Gumperz and J. Hymes (Eds.) New York: Holt, Rinehart & Winston, 1972, pp. 468-497.
- Bruner, J. S., *Studies in Cognitive Growth*. New York: Wiley & Sons, 1966.
- Carroll, J. B., *Language and Thought*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1964.
- Cherry, C., *On Human Communication*, 2nd Ed. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1966.
- Chomsky, N., *Language and Mind* (revised edition). New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1972.
- Cooper, P. S., How is Language Conveyed by Speech? In *Language by Ear and by Eye*, J. F. Kavanaugh and J. G. Maittngly (Eds.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1972, pp. 25-45.
- Cutting, J. E., and Kavanaugh, J. F., On the Relationship of Speech to Language. *ASHA* 17, 1975, 590-610.
- Dale, P. S., *Language Development: Structure and Function*, 2nd Ed. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1979.
- Franklin, V., and Radman, R., *An Introduction to Language*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1974.
- Furth, H., *Thinking Without Language: Psychological Implications of Deafness*. New York: The Free Press, 1964.
- Hockett, R. H., *Biological Foundations of Language*. New York: Wiley & Sons, 1967.
- Liberman, A. M., The Grammar of Speech and Language. *Cognition* Psychol. 1, 1972, 301-323.
- Moore, G. H., *Learning Theory and Personality Dynamics*. New York: Ronald Press, 1950.
- Penfield, W., and Roberts, L., *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1958.
- Piaget, J., *The Language and Thought of the Child*. Atlantic Highlands, N. J.: Humanities Press, 1969. (Translation of *Le Langage et la Pensée chez l'Enfant*. Neuchâtel and Paris: Delachaux et Niestlé, 1923).
- Skinner, B. F., *Verbal Behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1957.
- Stobin, D. L., *Psycholinguistics*. Glenview, Ill.: Scott, Foresman & Co., 1971.
- Vygotsky, L. S., *Thought and Language*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1963.
- Whorf, B. L., *Language, Thought, and Reality*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press and New York: Wiley & Sons, 1956.

الفصل الثاني

رواد علم الكلام

«التاريخ جوهر سير شخصية لا حصر لها»

توماس كارليل Thomas Carlyle «On History» ، «حول التاريخ» .

هناك الكثير من الناس الذين ساهموا في تطوير علم الكلام وتقدمه بحيث فُدت تسميتهم إرباكاً أكثر من أن تكون عاملاً مساعداً، حتى لو حاولنا تقييد أنفسنا بذكر الأكثر أهمية وتأثيراً بينهم. وبدلاً من محاولة توضيح تاريخ لعلم الكلام، اخترنا توضيح تنوع المناهج الموروثة في هذا النظام من خلال وصف إسهامات بعض الرواد في جوانب مختلفة من حقل البحث. ومن هنا، فليس لزماً أن يكون الرائد أكثر الناس أهمية، بل هو الأول في استخدام منهج معين محدد.

فعلم الكلام هو دراسة «فيزيولوجية» لإصدار الكلام، وصفات الكلام السمعية، والعمليات التي يستطيع المستمعون من خلالها فهم الكلام وإدراكه. وقد جذب علم الكلام اهتمام العديد من اللغويين، وعلماء النفس، والمهندسين، والمتخصصون بحلل الكلام، أسبابها وأعراضها، فاللغويون مهتمون أساساً بالصوتيات الوصفية، والوصف «الفونولوجي» في لغات مختلفة، ودلائل الكلام الفهمية، وقياس درجة فهم الكلام، والطرق التي يستعملها العقل في التعامل مع الرمز الكلامي أما المهندسون فمهتمون أساساً بتحليل أصوات الكلام، وبث الكلام في أنظمة الاتصالات، وتطوير معرضات الكلام المرئي، وتطوير آلات تركيب الصوت وتجميعه، والآلات التي تميز الكلام والمتكلمين الفرديين. ويهتم المتخصصون بحلل

الكلام وأسباب هذه العطل بإصدار الكلام، بما في ذلك توليده في النظام العصبي المركزي وآليات ضبطه ونشاطه العصبي، وحركاته، ونتائج تغير ضغط الهواء والصوت. أما من ناحية عملية، فعالباً ما يشترك اللغوي، وعالم النفس، والمهندس والمتخصص بأمراض الكلام، في اهتمامات مشتركة ويعملون معاً في المختبر.

Herman Von Helmholtz

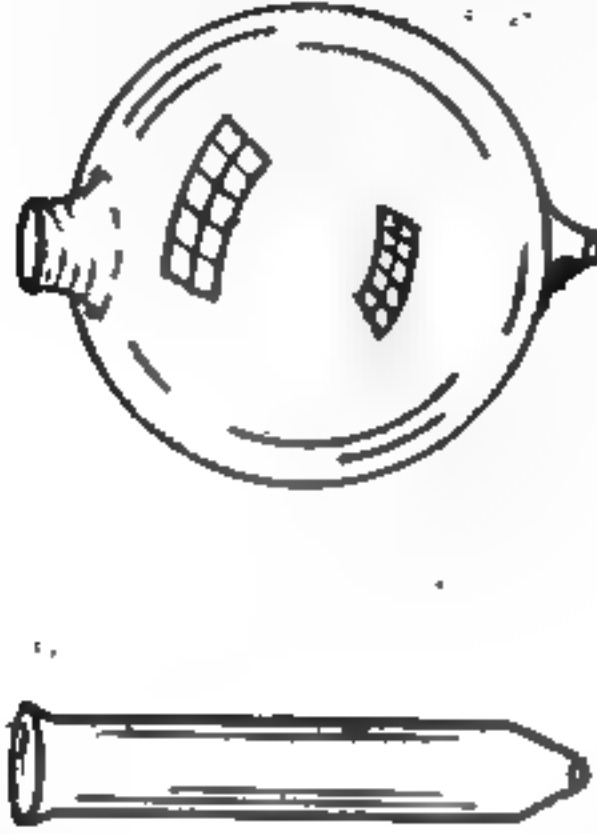
هيرمان فون هيلمهولتز

Acoustics of speech

الصفات السمعية للكلام:

كانت الأذن البشرية، ولما تنزلة، وسيلة قيمة في دراسات صفات الكلام السمعية منذ زمن بعيد، قبل أن يأتينا العصر الإلكتروني بمحطات الترددات الإلكترونية وحواسيب القرن العشرين. ولد هيرمان لودويج فيردناند هيلمهولتز قرب برلين عام 1821، من نسب انجليزي، وفرنسي وألماني. وقد استخدم أذنيه على نحو مكثف في دراسات الصفات السمعية للصوت البشري ورنين تجاويف المجرى الصوتي. وكان رجلاً واسع الاهتمامات؛ عاش قبل عصر التخصصات، فدرس الرياضيات، والفيزياء، والطب. وله إسهامات في حقول الفيزيولوجيا، والبصريات، والسمعية، والرياضيات، والميكانيك والكهرباء من خلال بحوثه ومحاضراته الجامعية. وتجاوزت بحوثه وكتبه المطبوعة المائتين. كان والده مدرساً للفلسفة وفقه اللغة. وتنحدر أمه من أرومة ويليم بين (William Penn) من ناحية أبيها ومن أرومة فرنسية من ناحية أمها. ولأنه طفل معتل، هانى فون هيلمهولتز من القواعد، والتاريخ، والمفردات، وكان يرنك أثناء التمييز بين اليد اليمنى واليد اليسرى؛ لكنه كان واسع الاطلاع، وأظهر شغفاً مبكراً وحياً للطبيعة. وبعد دراسته الطب في جامعة برلين وعمله جراحاً في الجيش، أصبح أستاذاً في كونيجزبيرج (Königsberg) ثم في بون، وانتهى به المطاف في هيلنل يوج وبرلين. وكان يرفق التعليم بالبحث دائماً، فقد اعتقد أنه من الضروري أن يجرب ويظهر لنفسه الأسس والمبادئ التي سيعلمها في قاعة المحاضرات. درس حاسة السمع في جانبها الفيزيولوجي وفي المظاهر المختلفة للإحساس أيضاً؛ وإحساس النغمة الخالصة، وسماع النغمات المركبة، استنبط رياضيات الرنين ملاحظاً أن نفخ الهواء عبر قنودات فيها قليل أو كثير من الماء يصدر

أصواتاً مختلفة. واكتشف أنه يمكن أن يجعل قارورة ترن مثل As وقارورتين تصدران صوتاً في وقت واحد يشبه As . راجع الملحق رقم - 1 - للأصوات الصادرة وقد طوّر، من خلال كرات زجاجية فارغة عرفت فيما بعد بمرنانات هيلمهولتز، أنظر الشكل (2.1)، تقنية لتحليل مركبات النغمات المركبة.



الشكل 2.1: مرنانات هيلمهولتز

(Adapted from an illustration in "on the sensation of Tone as a physiological basis from the Theory of Music, 1883).

فقد كان ينطوي طرف الكرة الزجاجية الصغيرة بشمع أحمر يستخدم في الاختام، وبذلك يحصل على هواء مضغوط نسبياً يدخل إلى قناة الأذنية. وقد صممت كل كرة على نحو تولف فيه مع نغمة مختلفة. ومن خلال إغلاق أذنه الأخرى بالشمع الأحمر، استطاع سماع الأصوات المركبة، ويقوم المرنان في هذه الحالة بخفت معظم الأصوات ماعدا تلك القريبة في ترددها من تردده الطبيعي. وبهذا الشكل استطاع هيلمهولتز تحليل التردد الأساسي ونغمات الصوت الإنساني التوافقية ومعظم رنين التجويمات الراقعة فوق الحنجرة.

ولكني سيجيب عن تساؤله حول امتلاك كل صائت محدد سمة مميزة في العناء أو الكلام أو إن كان قاله رجل أو امرأة أو طفل، أمسك هيلمهولتز بشوكات مرناة ذات ترددات مختلفة أمام فمه وأمام أفواه الآخرين وهيّا التجلويّف الغمية المناسبة للصائت المحدد. وبذلك اكتشف أنّ الأشكال المختلفة تتمتع بترددات مرناة مختلفة، ووفقاً لذلك حدد هيلمهولتز ما اعتقد أنّه المرئيات المطلقة لكل صائت. واكتشف فيما بعد، على أية حال، أنّ صور الرنين تتعلق بأحجام التجاري الصوتية المختلفة. وطبع عام 1863 عمله العظيم حول الصفات السمعية للكلام ونظريات التوافقيات بعنوان: «On the sensation of Tone as a physiological basis for the Theory of Music».

وحول أساسيس الغمة كقاعدة فيزيولوجية في نظرية الموسيقى.

ويوصف هيلمهولتز بأنه عالم متحفّظ وهادئ. أحبّ صعود الجبال، وأدقّى أنّ معظم الأفكار كانت تخطر له عندما كان يسير في نزهة طويلة أو يصعد جبلاً مرتفعاً. تزوج مرتين، ورزق بطفلين من زوجته الأولى التي توفيت عندما كان يعيش في هيدلبرج. تزوجت ابنته من ابن فونتر سيمنس (Siemens) مؤسس المعهد الفيزيائي - التقني قرب برلين. شغل هيلمهولتز منصب مديره الأول. وكان أحد طلابه هنيرل هيرتز (Hertz) الذي برهن فيما بعد على وجود الموجات الكهرومغناطيسية، وسميت وحدة قياس عدد الدورات في الثانية باسمه (Hz). وبالإضافة إلى نشاطه العلمي كان هيلمهولتز يعتقد أنّ إلقاء المحاضرات العامة حول المواضيع العلمية لعامة الناس أمرٌ ضروريّ. وكانت تلك عادة طبيعية في ألمانيا في عصره. وسيدّش هيلمهولتز، من دون أدنى شك، لو عرّف أنّه يوصف الآن بأنه أحد رواد علم الكلام؛ لأنّ اهتماماته شملت أقساماً واسعة من المعرفة. فعلى سبيل المثال، اخترع المعيار (أداة لفحص باطن العين)، واستنبط البرهان الرياضي حول احتفاظ القدرة. ومن دون أي شك، ساعدنا هيلمهولتز على فهم بعض أهم المبادئ في السمعيّات وفيزياء الكلام. مثل: تشكيل نفثات الهواء الخارجة من الحبال الصوتية مصدر الصوت السمعي، وأن توافقيات الصائت ترن في البلعوم والتجلويّف الغميّة، وأنّه يتم تمييز هذه الصوائت بسبب هذه الرنينيات المختلفة.

Henry Sweet

Descriptive Phonetics

هنري سويت

الصوتيات الوصفية

عندما ولد هنري سويت في إنجلترا، كان هيلمهولتز يناهز الرابعة والعشرين وقد طبع بحثه الأول حول العلاقة بين الخلايا العصبية والألياف. لقد أتى سويت دراسة الكلام عن طريق مختلف تلميذاً عن طريق الاهتمام باللغات والصوتيات. كان استاذ لفظ الإنجليزية، وكان أنموذج «هنري هيجنز» Henry Higgins في مسرحية بحماليون بيرنولدشو (George Bernard Shaw) التي حورها لينير «Lerner». ولويس «Loewe» إلى مسرحية غنائية عرفت بـ «بيلقي الجميلة» My Fair Lady. تخرج سويت من كلية «بول أويل» Balliol من جامعة أكسفورد. وبما أنه لم يحصل إلا على ريع الدرجات النهائية في الامتحانات، فقد كان ذلك سبباً جزئياً لعدم منحه لقب استاذ فقه اللغة مطلقاً. وكان مبعثاً في ألمانيا أكثر من بلده الأم. ونتيجة لتأثره بمدرسة فقه اللغة الألمانية، والعمل الرائع حول الصوتيات في الهند، ونظام الكلام المرئي الذي طوره الكسندر ميلفل بيل، «Alexander Melville Bell» لتعليم الصم وتثقيفهم، فقد طور سويت نظاماً صوتياً سُمي (Broad Romic)، يمثل فيه كل رمز مجموعة من الأصوات المتشابهة. وإن فكرته القائلة بأن العائلة المتشابهة من الأصوات التي تعمل معاً في اللغة، والتي يمكن تمييزها عن أصواتها المنفردة أثناء الكلام الشفوي، لفكرة جديدة، وبذلك يمكن القول إنه أول من اكتشف مفهوم الفونيم، على الرغم من أنه لم يستخدم الكلمة نفسها. وأدى نظام سويت الرمزي في نهاية المطاف إلى الأبجدية الصوتية العالمية الموجودة في الملحق رقم (1). ومن خلال نشر أحد كتبه Handbook of phonetics عام (1877) فقد أخذ إنجلترا لتكون مكان الولادة الأدبية لعلم الصوتيات لكنه لم يمين في منصب رئيس قسم دراسات فقه اللغة في جامعة لندن عام (1876). وأكمل طلبه ثانية عام (1885) بوصفه مرشحاً لشغل منصب استاذية ميرتون في اللغة الإنجليزية والأدب في جامعة أكسفورد. وقد أدهش لغيوبو القلوة الأوروبية لعدم الاعتراف بتفوق سويت الأكاديمي في بريطانيا. وقد عين مجرد أستاذ مساعد في الصوتيات في جامعة أكسفورد.

وقد كان سويت، على عكس هيلمهولتز الهادي، المتحفظ، حاد المزاج، تهكمي

الطبع. وقد استمر في تأليفه العلمي وكتابه رغم كل التبعات التي اعترضته. وشر كتابه «A History of English Sounds» عام (1874) وتلقاه عام (1875). ونشر كذلك كتابه «A primer of phonetics» مع وصف لكل لفظ عام (1890). وهو عضو قديم في جمعية فقه اللغة اللندنية. وقد اعترفت الجمعية بإسهامه العظيم في دراسة الصوتيات الوصفية في خطاب رئيس الجمعية الذي ألقاه كريستوفر. ل. ورن «Christopher L. Wren» عام (1946) بعد أربعة وثلاثين عاماً من وفاته.

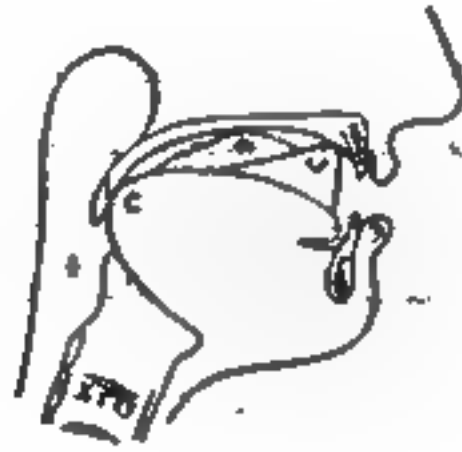
Alexander Graham Bell

الكسندر جراهام بيل

Teaching the Deaf

تعليم الصم

ولد الكسندر جراهام بيل في ألبيره عام (1847) بعد عامين فقط من مولد سويت في إنجلترا، واشتهر فيما بعد على مستوى العالم بأنه مخترع «الهاتف». ولقد هد نفسه دائماً مخترعاً وعالمياً هواية ومعلماً للصم اختراعاً. كان والده مهتماً بيل معلماً للكلام ولحن الخطابة، وحاضر في جامعة ألبيره، وكتب كتباً وكراسات، حول فن الخطابة. وكان أعظم إنجاز ليماثل هو تطويره للكلام المرئي (الشكل 2.2).



وقبضت على اللص I caught the thief

الشكل 2.2: صورة عن رسم في كتاب «English visible speech in native language» عام (1895). كتب بيل هذا الكتاب كي يشرح النظام الرمزي عند والده.

وهو في الأصل نظام من الرموز يمثل المظهر «الفيزيولوجي» لكل صوت كلامي . وقد مثل اللسان على شكل حافر الفرس ؛ ويشير موقعه إلى القسم الأكثر نشاطاً في اللسان . وكانت هناك رموز للشفتين والجله ، ومن ثم كان بالإمكان تمثيل أي صوت على نحو مرئي . قضى الكسندر جراهام بيل معظم حياته في تدريب الأساتذة على استخدام نظام والده الرمزي في وصف إصدار الكلام .

وكان الكسندر يدرس في إنجلترا بـ «Abaco» ، وكان مرهف الإحساس الموسيقي ، وشديد التعلق بالطبيعة ومعرفة أسرارها ، لكنه لم يكن مهتماً بالدراسات الرسمية . وفي سن الخامسة عشرة دعي «إليك» إلى لندن كي يعيش مع جده «بيل» البالغ من العمر سبعين حولاً ، والذي كان مدرساً لفن الخطابة العامة ، ومدرساً أيضاً للتلاميذ الذين يعانون من التلعثم وعواقب الكلام الأخرى ، ونحت رعاية جده وإرشاداته تعلم «إليك» كيف يترن قصبه على الدراسة الجدية ، وكيف يستقل بمصروفاته المادية ، وكيف يلقي مقاطع من مسرحيات شكسبير ، وكيف يلبس بوصفه رجلاً متبداً أنيقاً .

وبعد مرور عام عاد إلى أدنبره كي يبدأ عمله الطويل في التدريس بينما لم يزل طالباً في ويستمنستر هانوس في الجمن «Egton» أولاً ، وبعدها في جامعة أدنبره . واكتشف ، وهو غير مدرك أنه كان يكرر تجارب هيلمهولتز ، مرنانات تجاوزت المجرى الصوتي ، من خلال الإطباق بأصابعه بسرعة على بلعومه وعصبية وهو ينفذ أشكال المجرى الصوتي ومواقفه المختلفة . وكذلك كرر تجربة تحديد ترددات المرنانات من خلال اهتزاز الشوكات الرنانة أمام فمه وهو ينفذ مواقع الصوائت المختلفة .

وبعد أن فقد إليك أخوين بسبب المرض ، هاجرت العائلة إلى كندا حيث بلغ ميلل سن التعاقد ، وكان إليك في الثالثة والعشرين . وقد اشتهر إليك في بريطانيا بوصفه مدرساً ماهراً في تدريس الصم الكلام مستخدماً طريقة والده في الكلام المرئي . والتقى إليك المجموعة العلمية في بوسطن ، وبدأ العمل بالعديد من أفكاره حول الاختراعات ، وفي عام (1876) أطلق بجلته المشهورة «السيد واتسون» ، تعال هنا ، أرغب في مشاهدتك» ، والتي سمعها مساعده واتسون ، وفهمها عبر سماعة أول «هاتف» نصب بين مختبر بيل وغرفة توم تحت القاعة الكبيرة .

تزوج بيل من مايل هبارد «Mabel Hubbard» ابنة جلودنير هبارد الصياد عام (1877)، والذي كان أحد شركائه في تأسيس شركة هواتف بيل، وعادت العائلة لأمد قصير إلى إنجلترا لتشجيع استخدام الهاتف والكلام المرئي عند الصمم. لكن العائلة، التي ضمت ابنتين، استقرت في نهاية المطاف في واشنطن خلال فصول الشتاء، وفي مررعتهم الواسعة في نوكا سكوتيا خلال فصول الصيف. وعلى الرغم من أن بيل أنجز الكثير من الاختراعات المربحة لكنه عدَّ عمله مع الصمم الأبرز والأهم دائماً، أسس مكتب لولتا، وهو مركز للمعلومات حول الصمم الذي طور مقياس السمع لقياس درجة السمع، واستمر في تشجيعه للكلام المرئي. وكان خلال حياته يسهر في الليل ويفصل النوم إلى ساعة متأخرة صباحاً. واستطاع من خلال عمله ليلاً، أن يكون منعزلاً وأكثر إنتاجاً خلال أكثر سنواته نشاطاً. وعلى الرغم من كونه منظوياً على نفسه ومنعزلاً أساساً، استطاع الكسندر جراهام بيل أن يساعد الناس الآخرين على الاتصال فيها بينهم حتى أولئك الذين لم يستطيعوا السمع.

هو. و. دادلي

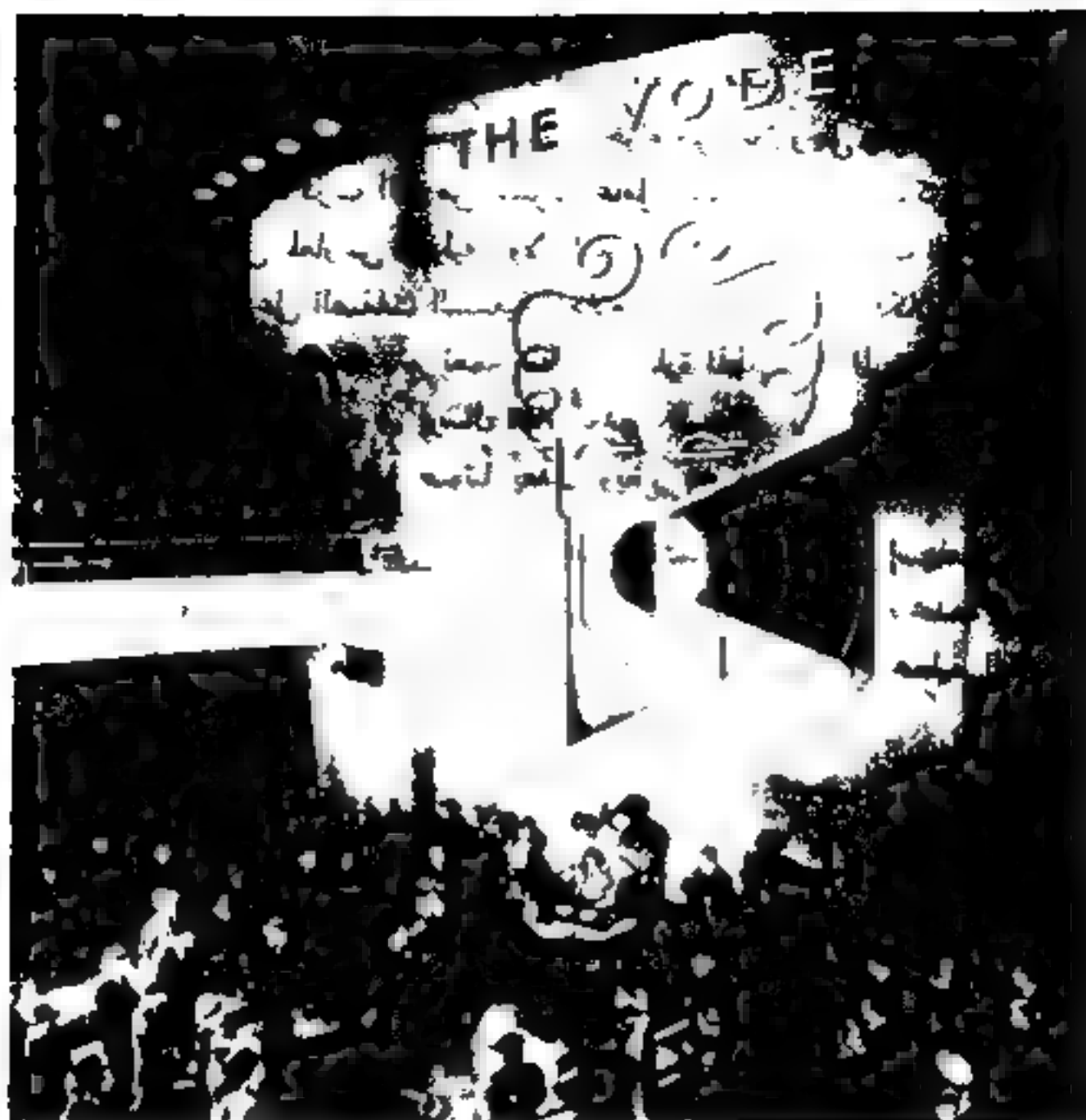
التركيب الإلكتروني للكلمة المستمر Electronic synthesis of continuous speech

استفاد علم الكلام من الإسهام الفيزيائي - الكلامي لميلسهولتز، والإسهام اللغوي لسويت، وإسهام شخص علم الكلام عند بيل، وإسهام مهندس الإلكتروني هو. و. دادلي. كان دادلي رائداً في تركيب الكلام من خلال صنع أجهزة تصدر أصواتاً شبيهة بأصوات الكلام. كان الكلام يُصدر في القرن الثامن عشر والتاسع على نحو مصطنع من خلال معالجة آلية لرؤوس اصطناعية وآليات ثير الرئتين والحنجرة والمجرى الصوتي عند المتكلم، لكنه كان على تركيب الكلام الذي نعرفه اليوم أن ينتظر وصول دارات القرن العشرين الإلكترونيّة. إنه اختراع دادلي الذي سُمي فودر «Voder» الذي صُمم في مختبرات بيل عام ١٩٣٧ - ١٩٣٨ والذي ركب كلاماً متواصلاً لأول مرة بواسطة دارات كهربائية.

بدأ دادلي حرفته في بنسلفانيا حيث انتقلت إليها عائلته من فيرجينيا حيث لم يزل

حدثاً في المدرسة. كان والده قساً، وبعد وصولهم إلى بنسلفانيا، استقبل والده طلاباً لتدريسهم آداب الإغريق والرومان وبعض المواضيع الأخرى، والمعارف التي تتطلبها حرفة الكهنة. تخرج هومر من المدرسة الثانوية مبكراً، ودرس في تعيينه الأول الفصول الخامس، والسادس، والسابع، والثامن في غرفة واحدة. أما في تعيينه الثاني - فكان يعلم طلاب المدارس الثانوية. وعندما وجد أنه من الصعب الحفاظ على النظام في غرفة الدرس، فرر إلىاء خططه في مواصلة التعليم، وبدأ يشق طريقه في جامعة بنسلفانيا الحكومية، التي كانت تستغل المناهج الخاصة في الهندسة الكهربائية آنذاك. انضم داخلي إلى مجموعة التقنيين في مختبرات بيل، وتحليداً، مختبر ويسترن اليكترونيك Western Electric الذي انتقل، بعدئذ، إلى نيويورك. وبقي يعمل هناك لأكثر من أربعين عاماً؛ حيث قضى معظم وقته في قسم البث «الهاتفي».

ثم عمل مع روبرت رسد Robert Fiesz وآخرين على تطوير الفوكودور، وكان الغرض من الفوكودور تصفية الكلام في عشر قنوات على نحو يسمح بإمكانية بث المعلومات ضمن أنطقة ترددية أضيق مما كان سابقاً. وبعد البث، تستخدم قناة المعلومات مع دائرة صحب للأصوات الصامتة، ودائرة رنين للصوائت في تركيب كلام قريب جداً من الكلام الأصلي ماعدا فقدان بعض الصفات النوعية للصوت. ولقد أجريت تجربة الفوكودور في الاحتفال بالفكرى المثوية للثلاثة في هارغرد وشقت الطريق، فيما بعد، إلى «الآلة الناطقة» الشهيرة المعروفة بـ «الفودور» Voder أي منتج لعملية الصوت. ورفع الستار عى الفودور في المعارض الدولية عامي (1939) و (1940)، (الشكل 2.3).



الشكل 2.8: عرض محترفات بيل للفورد في المعرض المالي عام (1939) (أعيد الصنع
ترخيص من شركة الهاتف والبرق الأمريكية).

فقد تمكن من صنع أصوات كلامية مميزة، على الأقل، إن انتظر المستمعون معرفة نوع الألفاظ التي يتوقعونها. ويقوم العامل على الجهاز بدفع دواسمة لمصدر المسهسة أو الجهر؛ ويضبط على عشرة مفاتيح كي يضبط المرئيات. وتقوم مفاتيح خاصة بتقليد الصوامت الانعجارية مثل /a/ أو /v/. وأثناء التجربة، يمكن إجراء حوار بين رجل وفودر تديره امرأة، على سبيل المثال. وقد درب أكثر من عشرين عامل هاتف على نحو مركز كي يديروا الفودور أثناء عروض المعارض الدولية. ولا يشبه الفودر مركبات الصوت السابقة لكونه يعتمد اعتماداً قوياً على الصفات السمعية للكلام وليس على نطقه (الكلام). مثلاً تم إنجاز البث الإذاعي بوساطة تغير نغمة ناقلة بالإشارة المطلوبة أو المرجوة (ففي FM، نقوم بتغير التردد، بينما نقوم في إرسال AM بتعديل السعة). لقد تصور دادي الكلام بوصفه نغمة ناقلة أو مصدراً صوتياً يُعدّل ويغير بحركات المجري الصوتي.

يميش دادي الآن يهدوء في نيوجرسي وهو في الثمانينيات. وتمثل إسهاماته في علم الكلام في أنه وصح طبيعة الكلام الناقلة وطبق نظرية الناقل على مبادئ عديدة في تحليل الكلام وتركيبه. تشكل هذه الأفكار أسس التصورات الحديثة في عملية الكلام.

فرانكلين كوبر، ألفن ليبرمان وبيير ديلاتر

Franklin Cooper, Alvin Liberman, and Pierre Delattre.

إدراك الكلام وقارة النمط Perception and the pattern play back

لقد اخترنا بعض الرواد الذين أسهموا في دراسة إصدار الكلام وصفاته السمعية، لكنّ قليلاً من العمل المنظم حول إدراك الكلام كان ممكناً إلى أن تكونت معرفة كافية عند علماء الكلام حول صفات الكلام السمعية وكيفية ضبط العوامل السمعية واحداً بعد الآخر أثناء اختبار المستمعين. إن تطوير رالف بوتنر «Ralph Potter» وزملائه مرسمة الطيف الصوتي في الأربعينيات في مختبرات بيل قد زودنا بأداة مسمحة للباحثين بتحليل الترددات المتمثلة في الكلام على محور الزمن على نحو مناسب، متجين عرضاً بصرياً سمي الطيف الصوتي. ولقد أحدثت مرسمة الطيف هذه تزايداً مفاجئاً في المعلومات حول صفات الكلام السمعية، وبقيت الأسئلة الخاصة بإدراك الكلام على ما هي عليه. ما السمات الهامة للصوت المركب أثناء السماع للكلام؟ وما العوامل الأقل

أهميه؟ ومن أجل اكتشاف الأجوبة، وابتغاء الوصول إلى الإجابات، وحث مهندس، ولفوي، وعالم نفس جهودهم في مختبرات هاسكينز (Haskins) الموجودة آنذاك في نيويورك لتحري إدراك الكلام وتقسيه.

لقد تصوّر بوتر آلة على عكس مرسعة الطيف الصوتي، حيث دحلها أنماطٌ نصرية، ونقوم بتحويلها إلى صوت. وقد رأى فرانكلين كوبر في مختبرات هاسكينز أن تطوير مثل هذه الآلة سيكون وسيلة مؤثرة وفعالة في دراسة إدراك الكلام. ولد كوبر وتلقى علومه في اليوز (Illinois)، وحصل على الدكتوراه في الفيزياء من معهد ماسوشوستس التقني عام (1939). وأصبح كوبر مدير البحث المشارك في مختبرات هاسكينز، حيث مكث هناك مديراً ورئيساً لها لمدة عشرين عاماً. وحيث يعمل الآن مديراً مشاركاً عمل كوبر، في جزء من مجهوده، على تطوير آلة تساعد العمي على القراءة، وهي «مركب قارئة النمط» (The pattern play back synthesizer) أنظر الشكل (24).



الشكل 24 م. كوبر وهو يرسم مخططاً على قارئة النمط. كان يركب الصوت من خلال تحويل أنماط مرسومة على حقائق طبع من الأمبيات إلى رموز سمعية بواسطة نظام كهربائي - صوتي.

حصل عالم النفس ألفس ليرمان على درجة الإجازة والماجستير من جامعة ميسوري (Missouri) وعلى الدكتوراه من جامعة ييل (Yale) وهو الآن عضو قسم علم النفس في جامعة كونيتيكت (Connecticut)، وأستاذ مساعد في جامعة ييل. التحق بمحترفات هاسكتز عام (1944) وهو الآن رئيسها، استخدم مع كوبر قارئة النمط على نحو منتظم للتأكد من صحة العوامل السمعية المؤثرة في الكلام، التي تقرر وتحدد الدلائل المستخدمة في إدراك الكلام.

وبدعوة من كوبر وليرمان، انضم ديلاتر الفرنسي المولد - إلى العمل المخبري حول إدراك الكلام في مختبرات هاسكتز في الخمسينيات. كان ديلاتر خبيراً في اللغويات الفرنسية، وكان تخصصه الدقيق تعليم الأجانب التمكن الكامل من الصوتيات الفرنسية. أشرف لمدة ستة عشر عاماً على برنامج الصوتيات الفرنسية الذي كان يجري في فصول الصيف في كلية ميدل بيرى (Middlebury) في فيرمونت (Vermont). وكان عضواً في الكلية في جامعة بنسلفانيا معظم وقته. وكان ديلاتر يتمتع بنظر ثاقب في رسم الأنماط على قارئة النمط، وكان يتمتع أيضاً بصبر طويل في السماع لتأثيرها السمعية. لقد تعلم القواعد اللازمة لرسم الأنماط اللازمة لبعض الجمل مثل: «on, my aching back» ، حتى أنه ألف قطعة من الموسيقى المركبة بعنوان: «Scottie Plaid».

استمر التعاون بين كوبر، وليرمان، وديلاتر حتى وفاة ديلاتر. وصدر عنه معظم العمل المبكر حول إدراك الكلام. وبقيت قيمة قارئة النمط، بوصفها وسيلة لإدراك الكلام، لا تضاهى حتى وصول المركبات الصوتية الحاسوبية، ويمكن للمشرف على التجربة أن يرى في لحظة واحدة النمط السمعي بتمامه، فيمكنه أن ينصت إلى صوته السمعية مراراً وتكراراً. ومن خلال تأثير البعد السمعي، الذي يعتقد أنه مهم في إدراك الكلام، على نحو معظم استطاع الباحثون الطلب من المستمعين أن يقارنوا، ويحددوا المسبب أو المتبى المركب (synthesized stimuli). ومن خلال أمثال هذه الوسائل، استطاعت مجموعة هاسكتز التي يتبعها العديد من الباحثين الآخرين، أن تظهر فاعلية التجربة اللغوية في إدراك الكلام، وفاعلية السياق في إدراك الموهيمات واحداً بعد الآخر. ونذكر هنا فاعلية مختبرات هاسكتز الرائدة في دراسة إدراك الكلام على نحو منظم لأنها تمثل مثلاً جيداً النقطة التي نريد تأكيدها وهي أن السبل إلى علم الكلام

عديدة ومسوعة. ويوجد في هاسكر اليوم مهلسون، ولعويون، ومتخصصون في أمراض الكلام، وعلماء نفسيين وهم مهتمون جميعاً بالصوتيات التجريبية أو عدم الكلام.

Since then

ومنذ ذلك الحين

يمكن القول، على الجملة، إن الدراسة التجريبية للصفات السمعية للكلام تسبق درسه فيزيولوجيته. ولدينا الآن كم كبير من المعلومات حول الصفات السمعية للكلام من خلال تحليل مرسمة الطيف الصوتي، أي تحليل الرمز الكلامي وفقاً لرددات لصوت المتعددة التي تولفه، وتركيب الكلام المتكتم. ولقد مكنتنا هذه المعرفة من تركيب الكلام وجعل الأجهزة الناطقة إمكانية قائمة لكن معرفتنا حول «فيزيولوجيا» الكلام المعتمدة على الدراسات التحريية هي أقل. لكن العمل يتطور في هذا الحاسب بسرعة من خلال جهود العديد من علماء الكلام في الجامعات والمختبرات في الولايات المتحدة الأمريكية وخارجها. يتصرع بحث إدراك الكلام الآن في عدة اتجاهات: إدراك الطفل وحيوان، وظيفة نصفي كرة المخ في إدراك الكلام، وظيفة السياق والتجربة السمعية في إدراك الكلام، وظيفة الذاكرة والانتباه، والبحث في المراحل العاملة الموجودة في إدراك الكلام.

هناك أسلوبان متداخلان يتقاسمان معلومات البحث في الكلام. الأول: هو حضور والمشاركة في اللقاءات التي تنظمها المنظمات المتخصصة. وأكبر هذه اللقاءات هي تحدث في لقاءات جمعية السمعيات الأمريكية في الخريف والربيع (ASA) حيث تقدم لبحوث في هذه اللقاءات، ويتم تبادل الآراء. وميدان آخر لتبادل الآراء المتخصصة هو الاجتماع التقليدي السنوي لجمعية الكلام واللغة والسمع الأمريكية (ASHA) حيث يخصص هذا اللقاء علماء كلام ينتمون إلى منظمات متخصصة أخرى على صعيد الولايات المتحدة الأمريكية والصعيد الدولي: وقامت محاولة تهدف إلى تثبيت الأسس والمبادئ المطروحة المختلفة وتقويتها تمثلت بتأسيس الجمعية الأمريكية للعلوم الصوتية وتعقد اجتماعات هذه الجمعية إما على هامش اجتماعات (ASA)، وإما بعدها مباشرة وهناك مؤسسه عالمية بارزة هي المؤتمر العالمي للعلوم الصوتية الذي يجتمع مرة كل أربعة أعوام في مكان مختلف.

والمتبر الثاني لتبادل الآراء ونتائج البحوث هو الدوريات التي تصدرها (ASHA) و (ASA) وهي الجمعيات الوطنية للأبفة الذكر. تصدر (ASA): Journal of the Acoustical Society of America «مجلة جمعية العلوم السمعية الأمريكية» ويطلق عليها عادة (JASA).

وتصدر (ASHA) مجلة بحث أساسية واحدة وهي: Journal of speech and Hearing Research «مجلة بحوث الكلام والسمع».

وهناك مجلة أخرى في البحث السريري وهي: Journal of speech and Hearing Disorders «مجلة علل الكلام والسمع».

بينما تمثل «مجلة الصوتيات» «Journal of phonetics» منشوراً حديثاً يشدد على الصوتيات التجريبية.

وهناك العديد من الدوريات الأخرى حول إصدار الكلام، وصفات الكلام السمعية، وإدراك الكلام، نذكر منها:

Speech and Language «الكلام واللغة».

Brain and Language «الدماغ واللغة».

Perception and Psychophysics «الإدراك والفيزياء السمعية - النفسية».

Phonetica «فونتيكا».

Folia Phoniatrica «فوليا فونياتريكا».

وتظهر بعض البحوث النظرية، أحياناً، في الدورية النقدية «Psychological Review».

وتظهر كذلك بعض الدراسات الجيدة المبدعة في «مجلة الجمعية الأمريكية لتطوير العلم»:

«Journal of the American Association for the Advancement of Science» وكذلك في مجلة «العلم» «Science». وغالباً ما يرسل العلماء أنفسهم نسخاً من مطبوعاتهم مجاناً بناء على طلب مكتوب.

وتبادل مختبرات الكلام أوراق العمل أو التقارير الخاصة بحاج التجارب وتقديمها بوصف ذلك وسيلة أخرى لنشر المعلومات. ومن المطبوعات التي تقرأ على نطاق واسع

«Quarterly progress Report» التي يصدرها مختبر البحث الإلكتروني في معهد ماسوشوسنس التقني في كامبردج، ماسوشوسنس، و«Speech Transmission Quarterly» التي يصدرها المعهد الملكي للتكنولوجيا (KTH) في استكهولم، السويد، و «Staqtus» Report on speech Research» التي تصدرها مختبرات هامسكتر في بيوهيفس في كوستنكس وتوزع العديد من الجامعات أوراقاً وبحوثاً حول علم الكلام بكتبها أعضاء هيئة التدريس والطلبة هناك.

وتمثل مستقبل علم الكلام في العمل الذي يهدف إلى توضيح الطرق والوسائل التي يظهر فيها تداعل إصدار الكلام مع إدراكه، وفي العمل الذي سيفقد إلى إدراك الكلام وتمييزه وتركيبه ذاتياً. وسنبعث في الفصول الثلاثة القادمة بعض ما هو معروف الآن عن صفات الكلام السمعية، وإصدار الكلام، وإدراك الكلام.

مراجع الفصل الثاني

- Reh, A. G. *The Mechanism of Speech*. New York: Funk & Wagnell Co., 1908.
- Bell, A. G. *English Visible Speech in Twelve Lessons*. Washington, D. C.: Volta Bureau, 1895.
- Bell, M. *Visible Speech: The Science of Universal Alphabets, or Self-Interpreting Physiological Letters for the Printing and Writing of all Languages in one Alphabet; elucidated by Theoretical Explanations, Tables, Diagrams, and Examples*. London: Simpkin, Marshall, & Co., 1867.
- Broenstein, A. J., Rapoport, L. J., and Stevens, C. (Eds.). *Biographical Dictionary of the Phonetic Sciences*. New York: The Press of Lehman College, 1977.
- Bruce, R. V., Bell: Alexander Graham Bell and the Conquest of Solitude. Boston: Little, Brown & Co., 1973.
- Delattre, P. C., Liberman, A. M., and Cooper, F. S. Acoustic Load and Transitional Cues for Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1955, 769-773.
- Dudley, H., The Carrier Nature of Speech. *Bell Syst. Tech. J.* 19, 1940, 495-515. Reprinted in Flanagan, J. L., and Rabiner, L. R. (Eds.), *Speech Synthesis: Benchmark Papers in Acoustics*. Stroudsburg, Pa.: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., 1973, pp. 23-42.
- Dudley, H., Roux, R. R., and Watkins, S. A., A Synthetic Speaker. *J. Franklin Inst.* 227, 1939, 739-764.
- Helmholtz, H. L. F., *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1863. Translated, *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. 2nd English translation from the 4th German edition of 1877 by A. S. Ellis. New York: Dover Publications, 1954.
- Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431-461. Also in David, E. E., Jr., and Dones, P. B. (Eds.), *Human Communication: A Unified View*. New York: McGraw-Hill, 1972, pp. 13-40.
- McKendrick, J. G., Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz. New York: Longmans, Green & Co., 1909.
- Sweet, H., *Handbook of Phonetics*. Oxford: Clarendon Press, 1900.
- Sweet, H., *History of English Sounds*, Revised. Oxford: Clarendon Press, 1900.
- Sweet, H., *A Primer of Phonetics*. Oxford: Clarendon Press, 1900.
- Wrenn, C. L., Henry Sweet: Presidential Address delivered to the Philological Society on Friday, 10th May, 1946. Reprinted in Sebeok, T. A. (Ed.), *Perspectives of Linguistics*. Bloomington, Ind.: Indiana University Press, 1966, pp. 512-532.

الفصل الثالث السمعيات

(الصوتيات السمعية)

«Holla your name to the reverberate hills,
And make the babbling gossip of the air cry out.»

اصرح باسمك إلى الهضبات التي تردد الصدى
واجعل فقاعات الهواء الناعمة تصرخ مدوية.

ويليام شكسبير، الليلة الثانية عشر «Twelfth Night» William Shakespeare

تسمى دراسة الصوت بعلم السمعيات، وبمما يقي الكلام جدول صوتي متجدد دائماً، يبدو لازماً إذا فهم طبيعة الصوت بوضوح قبل أن يفهم المرء بدقة إصدار المتكلمين للكلام وفهم المستمعين لأصواته وإدراكها.

وأول ما يجب فهمه بشأن الصوت هو أنه لا يملك مادة تولفه. إنه لا شيء، فلا يملك كتلة أو وزناً. إنه عبارة عن مجموعة من الحركات أو الاضطرابات. يمكن أن تحدث موجة صوتية من اضطراب في غاز كالهواء مثلاً، وفي سائل كالماء أو حتى في الأشياء الغازية كأنبوب أو سكة حديدية. ويشكل الهواء عادة وسيلة نقل الأصوات الكلامية، ولذلك فإننا نركز في هذا الفصل على الصوت في الهواء.

إن إحدى صعوبات المحاولة الأولى لفهم الصوت هي حقيقة عدم رؤيته. وبما أن جزيئات الهواء غير مرئية للعين المجردة فإن الخلخلة المتحركة عبر الهواء لا يمكن رؤيتها. والمشكلة الثانية في فهم الصوت هي حقيقة أن معظم الأصوات مركبة. وينتج عن هذا نمط مركب من خلخلة جزئية الهواء. وللتغلب على هذه الصعوبات في الفهم، يجب على المرء جعل ما هو غير مرئي مرئياً، والبدء بأبسط أعماط الصوت أي. اللغة الخالصة.

النغمة البسيطة : A pure Tone: An example of simple

Harmonic Motion

مثال للحركة التناظرية البسيطة

بادراً ما يسمع المرء نغمة بسيطة في عالم الأصوات. فمعظم الأصوات التي نسمعها من ضوضاء الشوارع إلى أصوات الموسيقى، هي أصوات مركبة لأنها تتألف من العديد من ترددات العديد من النغمات التي نسمعها في وقت واحد. تمتلك النغمة البسيطة تردداً واحداً من الذبذبة يكرر نفسه بعدد ثابت في الثانية. نسمي عدد الدورات في الثانية بـ «التردد». فبعض الآلات الموسيقية مولفة على نطاق ضيق ولا تهتز إلا لعدة ترددات، ولكن للحصول على تأثير التردد الواحد تتكوّن شوكة مرناة (الشكل 3.1 بحيث تهتز أساساً لتردد محدد. يصدر هذا الاهتزاز أساساً نغمة بسيطة، وهي أبسط الأصوات، ومن ثم فهي الأسهل في الوصف



الشكل 3.1: شوكة مرناة تصدر نغمة بسيطة (جامعة تيمبل Temple University).

فعندما تُضرب الشوكة المرناة، وتبدأ الذبذبة، ستتذبذب في حركة تناظرية بسيطة، وستتحرك شعبيتا الشوكة المرناة إلى الأمام والخلف بعدد ثابت في الثانية، بنفس النظر عن قوة الضربة التي سببت تحريكها أو ذبذبتها. وسبب الصدمة الأولى تحرك شعبيتا الشوكة المرناة بعيداً عن حالة «الاستقرار» بسبب مرونة المواد الداخلة في تركيبها، لكن شعبيتا الشوكة تعودان إلى حالة الاستقرار. تمثل المرونة القوة المعيدة التي تسبب عودة الجزئيات في وسط مرن عندما تُحرك من وضعها الأصلي. إن ضغط بإصبعك على القسم السفلي من قراعك أو ساقك، تكشف أن النسيج العضلي يعود إلى وضعه

السائق سرعة. لكن الحركة لا تنتهي في الحركة التناغمية البسيطة بالعودة المرونة للجزئيات، أو بعودة شعبي الشوكة المرناة كما في حالتنا الراهنة. فالتذبذب أو المتحرك يستمر في التحرك في الفضاء المحيط الساكن بسبب العطالة، والعطالة صفة تجعل الجسم المتحرك دائم الحركة، والساكن دائم السكون، فلو كان هناك جسم ساكن مثلاً، فإننا نحتاج إلى قوة أو قدرة لإبقائه في حالة السكون أو عدم التحرك أقل من تلك القدرة التي نحتاجها في تحريكه بسبب العطالة. ومن وجهة أخرى، لو كان هناك جسم في حال الحركة فإن إبقائه في حال الحركة أسهل من إيقافه بسبب العطالة أيضاً. وإتينا نظهر نوعاً أو شكلاً أو سلوكاً من أشكال العطالة عندما نستمر في مراقبة «التلحار» بعد انتهاء برنامجنا المحبب، عل الرغم من كون البرنامج اللاحق غير ممتع أو مسأل بالسبة إلينا. وتستمر شعبتا الشوكة المرناة في التحرك حتى عودتهما إلى مكانهما الأصلي بسبب المرونة؛ ولكنها يستمران في الحركة حتى تتضاءل السرعة بسبب المقاومة، وبعد ذلك تعودان ثانية إلى نقطة الاستقرار بسبب المرونة وتكرار الدورة نفسها.

لقد وصفنا دورة واحدة من الذبذبة في الحركة التناغمية البسيطة، لكنها تستلزم مزيداً من الشرح حتى تتوضح أكثر. يوضح الشكل (3.2) الخطوات التي تحدث خلال دورة ونصف دورة في ذبذبة الشوكة المرناة.

at rest	حالة الاستقرار	_____	
time 1 (1) الرمن	U		
time 2 (2) الرمن	U	inward displacement	FORCE قوة
time 3 (3) الرمن	U	back to resting place	ELASTICITY المرونة
time 4 (4) الرمن	U	outward displacement	INERTIA العطالة
time 5 (5) الرمن	U	back to resting place	ELASTICITY المرونة
time 6 (6) الرمن	U	displacement	INERTIA العطالة
time 7 (7) الرمن	U	back to resting place	ELASTICITY المرونة

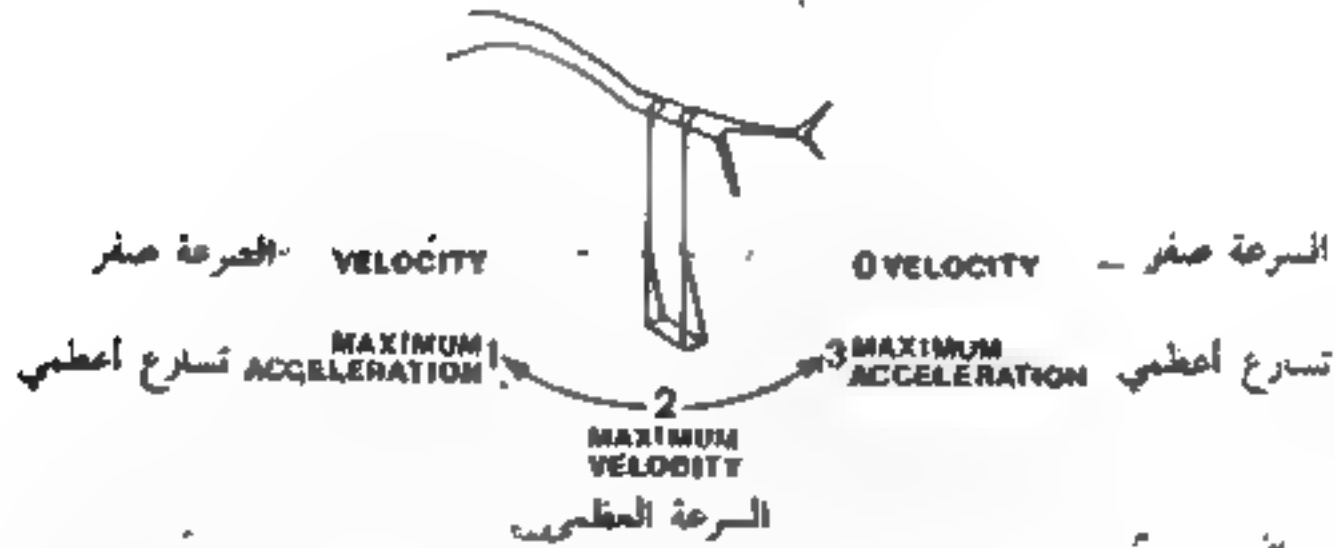
الشكل 3.2: حركة شوكة مرانة في دورة ونصف من الدبذبة.

The Swing~ analogy: An Example Of Velocity Gradation In Simple Harmonic Motion

التمثيل بالأرجوحة: مثال عن تضاءل السرعة في الحركة التناغمية البسيطة.

انظر إلى الحركة التناغمية البسيطة لأرجوحة تتدلى من غصن شجرة. فعندما تُحرك الأرجوحة من نقطة استقرارها بصحبها إلى الخلف وتركها، لن نعود إلى نقطة استقرارها بحسب بل تنمداها. وتكاد هذه الحركة إلى الأمام والخلف تشبه - على لرعم من اختلافها في بعض المظاهر - حركة حزنات الهواء عندما تهتز أثناء بث الصوت.

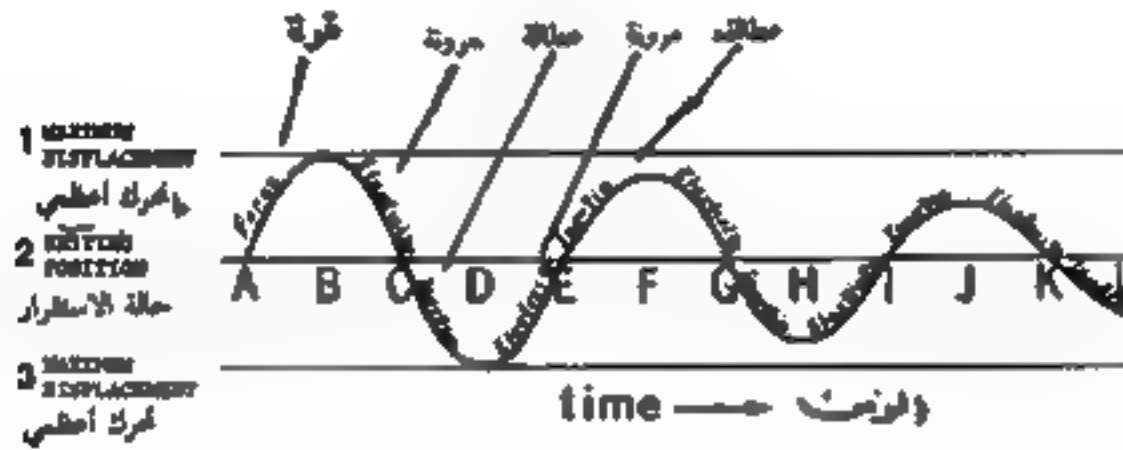
توضح حركة الأرجوحة صفة أساسية للحركة التناغمية البسيطة وهي الطريقة المستمرة التي يغير فيها جسم متحرك سرعته؛ وفي هذه الحال، سرعة تغير الأرجوحة باتجاه معين. رُفعت النقطة التي تقع تحت الأرجوحة مباشرة وهي في حال الاستقرار بالرقم 2 - في (الشكل 3.3).



الشكل 3.3: الحركة التناغمية البسيطة لأرجوحة. تكون سرعة الأرجوحة صفرًا عند نهايتي رحلتها عندما تغير اتجاهها وتبلغ السرعة أقصاها في النمطة 2 - نمطه منتصف الرحلة.

نَحْيَلْ أَنَّ قُوَّةَ مَا سَوْفَ تَحْرُكُ الْأَرْجُوحةَ إِلَى النِّقْطَةِ -3- حَتَّى تَتَوَقَّفَ تَمَاماً. تَتَغَيَّرُ سُرْعَةُ الْحَرَكَةِ أَثْنَاءَ التَّلَافُحِ وَتَتَغَيَّرُ السَّرْعَةُ تَدْرِيجِيّاً عِنْدَمَا تَقْتَرِبُ الْأَرْجُوحةُ مِنْ -1- وَ -3- حَيْثُ تَبْطِئُ إِلَى الصَّفْرِ لِلْحِظَّةِ قَبْلَ أَنْ تَغْيِرَ اتِّجَاهَهَا. وَتَعْبُلُ السَّرْعَةُ إِلَى مَدَاهِى الْأَعْظَمِ فِي كُلِّ مَرَّةٍ تَمُرُّ فِيهَا الْأَرْجُوحةُ فَوْقَ نَقْطَةِ الْإِسْتِقْرَارِ. وَحَيْثُ أَنَّ الْأَرْجُوحةَ تَبْلُغُ نَقْطَةَ تَتَوَقَّفُ فِيهَا تَمَاماً وَفَظْلِكَ فِي نِهَائِي كُلِّ شَوْطٍ، سَيَحْدُثُ «التَّزَايِدُ الْأَعْظَمِي» عِنْدَئِذٍ، وَهُوَ نِسْبَةُ تَغْيَرِ السَّرْعَةِ عِنْدَ هَاتَيْنِ النِّقْطَتَيْنِ الْوَلَقَتَيْنِ فِي أَقْصَى بَعْدٍ حَيْثُ تَغْيَرُ الْأَرْجُوحةُ اتِّجَاهَهَا.

فَلَوْ رَسَمْتَ حَرَكَةَ الْأَرْجُوحةِ عَلَى مَحْوَرِ الزَّمَنِ فَلَانْهَا مِثْلُ مَا فِي الشَّكْلِ (3.4).



الشكل 3.4: شكل موجة ناتج من رسم حركة تناغمية بسيطة لأرجوحة.

أَعْطَيْتِ السَّرْعَةَ دَرَجَةَ الصَّفْرِ وَتَسَارِعاً أَعْظَمَ فِي النِّقَاطِ B, D, F, H, J, وَ L. وَأَعْطَيْتِ السَّرْعَةَ الْفَصْوَئِيَّ أَثْنَاءَ تَقَاطُعِهَا مَعَ نَقْطَةِ الصَّفْرِ (مَوْقِعَ نَقْطَةِ الْإِسْتِقْرَارِ): أَيْ: C, E, G, I, وَ K. لَاحِظْ أَيْضاً أَنَّ الْحَرَكَةَ تَتَلَاثَى تَدْرِيجِيّاً نَتِيجَةَ فَقْدَانِ الْقُدْرَةِ النَّاتِجَةِ مِنَ الْإِحْتِكَالِ يَسْمَى هَذَا التَّقْصِيانُ فِي سَعَةِ الْحَرَكَةِ بِـ «التَّضَاوُلِ» أَوْ «التَّخَافُتِ». لَاحِظْ أَيْضاً أَنَّهُ عَلَى الرَّغْمِ مِنْ أَنَّ شَوْطَ حَرَكَةِ الْأَرْجُوحةِ يَتَلَاثَى تَدْرِيجِيّاً لَكِنَّ دَرَجَةَ تَرَدُّدِهِ تَبْقَى ثَابِتَةً. وَالتَّرَدُّدُ هُوَ عِدَدُ الدُّوَرَاتِ فِي الثَّانِيَةِ، وَكَمَا هُوَ وَاضِحٌ فِي

الشكل 3.4 من الوقت الذي تستهلكه الأرجوحة لتقطع شوطاً كاملاً من A إلى E يساوي تماماً الوقت الذي تستهلكه من E إلى A. ويسمى الوقت الذي يستهلك في كل دورة بـ «الفترة»، فلو كان التردد يساوي عشرين دورة في الثانية ستكون الفترة مساوية عندئذ، لـ $1/20$ من الثانية أو خمسين ميليكند. وشكل الحركة التناغمية البسيطة هو شكل الموجة الجيبية نفسه. فالنمط بسيط لأنه لا يوجد سوى تردد واحد من الدنبة. إنه يكرر نفسه حتى يتلاشى ومن ثم فهو دوري.

حركة الجزيء في الصوت Particle movement in Sound

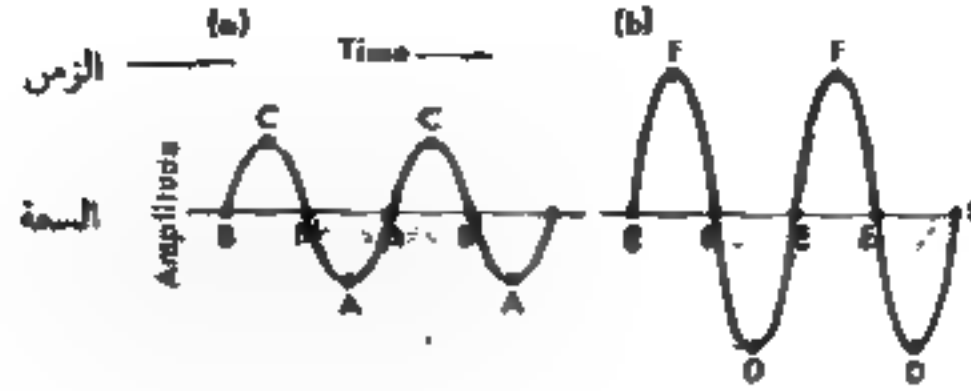
تتحرك الجزيئات الفردية في صوت نغمة بسيطة استجابةً للمذبذب نغمة بسيطة كما في الحركة التناغمية البسيطة. لكن هذه الجزيئات لا تتحرك على شكل قوس كما هي الحال في حركة الناقوس أو الأرجوحة. إن حركة جزيئات الهواء المتحركة استجابةً للمذبذب حركة تناغمية بسيطة تتحرك بحركة توافقية بسيطة، ولكن في اتجاه انتشار الموجة، كما سنوضح ذلك على نحو مفصل في هذا الفصل.

حاول التحرك بحركة تناغمية بسيطة. خذ إصبعك أو قلم رصاص على الدائرة الوسطى المعلقة بـ B في الشكل (A.3.5). حرك القلم أو إصبعك إلى C وبعد ذلك إلى A، وبعدها إلى C. تابع هذه الحركة بتردد بطيء نوعاً ما ولكن من دون توقف. حاول تحريك إصبعك بالتردد نفسه، ولكن بجعل الشوط أكبر اعتباراً من نقطة الاستقرار مستخدماً الشكل (B.3.5) كي تحدد المدى.



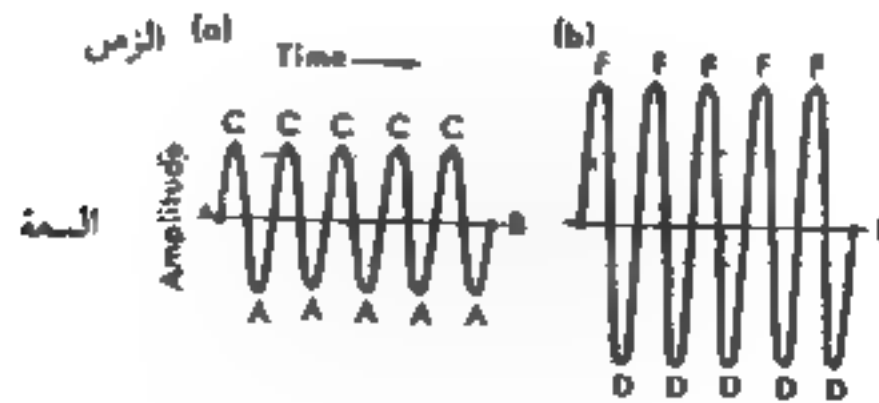
الشكل 3.5 قلّد حركة تناغمية بسيطة من خلال تحريك إصبعك على نحو متواتر (منتظم) من (B) إلى (C) فـ (B). دع إصبعك تنذب تنديجياً وغير السرعة باستمرار. كرر التجربة نفسها ولكن بتضائل السعة وبالتردد نفسه.

يمكن إيضاح الحركات التي تصنعها بقلم الرصاص أو إصبعك على محور الزمن من خلال رسم السعة. يسمى الشكل، عندئذٍ، (السعة على محور الزمن) بشكل الموجة كما في الشكل (3.6).



الشكل 3.6: شكل الموجة للحركة التناغمية البسيطة في الشكل 3.5. تختلف (a) عن (b) في السعة لكنهما يتساويان في التردد.

دعنا نعد الآن إلى الشكل (3.5). حاول تجربة الحركة التناغمية البسيطة بسعة ثابتة نسبياً بين (A) و (B). ولكن حاول أن يكون التردد مرتفعاً نسبياً (عدد الحركات متزايد في الثانية الواحدة). سنبدر أشكال الموجات، عندئذٍ، كما في الشكل (3.7).



الشكل 3.7: أشكال موجات لتردد أعلى من ذلك في الشكل 3.6. تختلف (a) عن (b) في السعة ولكن يتساويان في التردد.

تمثل هذه الحركات إلى الأمام والخلف فوق نقطة الاستقرار نسخاً مكبرة عن حركة جزيء مستقل بذاته عندما تزن نغمة بسيطة واجلة. فلورنت شوكة مرتانة مصممة على أن تزن بتردد يساوي 440 دورة في الثانية في منتصف غرفة، سيتحرك كل جزيء هوائي، في الغرفة عندئذٍ، من مكانه. في البداية، سيتحرك بعيداً عن الشوكة المرنانة (بسبب القوة الفاعلة فيه من الجزيء المجاور) وبعد ذلك، سيعود إلى نقطة الاستقرار (بسبب المرونة) وبعد ذلك باتجاه الشوكة للرنانة (بسبب العطالة)، وبعد ذلك باتجاه نقطة الاستقرار (بسبب المرونة) وهكذا جراً ما دام الاهتزاز مستمراً. وسيتم كل جزيء هوائي 440 دورة من هذه الدورات في كل ثانية.

حركة موجة الضغط في الصوت Pressure Wave Movement in Sound

لم نزل في بحث تحليل حركة الجزيئات المفردة من خلال مسبب في النغمة البسيطة. فلونحرك كل جزيء في مكانه، فكيف سيتحرك الخلخل من موقع إلى آخر. تبدأ الجزيئات المحيطة بالمذبذب التحرك قبل الجزيئات البعيدة عن مصدر الصوت. تقوم الجزيئات الهوائية المتذبذبة في الحركة التناغمية البسيطة بخلخلة الجزيئات المجاورة، وبذلك يتم نقل الخلخل عن مصدر الصوت وبثه. تأخذ هذه الخلخلة شكل موجة ضغط تنتشر باتجاه الخارج تماماً كما تنتشر الموجات المائية الصغيرة من نقطة في مياه راكدة بعد أن ترمي فيها حصاة. وبما أن النغمة البسيطة حركة دورية، فإن موجة الضغط تتكرر وتُتبع بموجات ضغط متساوية البعد فيما بينها.

يمثل الشكل 3.8 رسماً توضيحياً لعشرة من جزيئات هوائية متحركة.

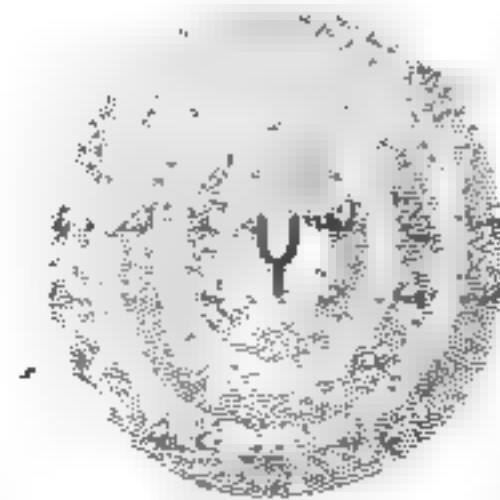
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
الزمن TIME	1	*	x	□	*	o	□	*	x	□	*
	2	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	3	*	*	□	*	o	□	*	x	□	*
	4	*	x	□	*	o	□	*	x	□	*
	5	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	6	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	7	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	8	*	x	□	*	o	□	*	x	□	*
	9	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	10	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	11	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	12	*	x	□	*	o	□	*	x	□	*
	13	*	□	*	o	□	*	x	□	*	
	14	*	□	*	o	□	*	x	□	*	

الشكل 3.8: مخطط بياني لمعبرة جسيمات هوائية في حركة تناغمية بسيطة في 14 نقطة من محور الزمن. مصدر الصوت هو الطرف اليساري. تتحرك الموجات الضغطية باتجاه اليمين. ومحور الوقت من الأعلى إلى الأسفل. لاحظ، رغم أنه أشير إلى الموجة الضغطية من خلال تجمع ثلاثة جسيمات متقاربة تتحرك من اليسار إلى اليمين، أن كل جزيء ينفرد يتحرك نسبياً في حركة تناغمية بسيطة محدودة.

يشير الزمن (1) إلى حال الجزيئات في حالة الاستقرار قبل أن يبدأ مذهب الحركة التناغمية البسيطة بالحركة. لاحظ أن المسافة بين الجزيئات متساوية تماماً في هذه المرحلة. أما في الزمن (2)، فنجد أن الحركة الخارجية لإحدى شعبي الشوكة المرنانة قد أجبرت الجزيء A على التحرك بعيداً عنها، ومن ثم الاقتراب من الجزيء B. أما في الزمن (3) فنجد أن الجزيء A قد عاد إلى موقعه في حالة الاستقرار بسبب كون الهواء وسيلة مرنة. لكننا نجد الجزيء B قد تحرك (أثناء الزمن 2) تأثير صدمة الجزيء A. لاحظ أنه بمرور الزمن، نجد أن مساحات من الانضغاط، تكون فيها الجزيئات قريبة من بعضها، تتبادل دورياً مع مساحات من الخلخلة، تكون فيها الجزيئات أكثر تباعداً، فعل سبيل المثال: نجد في الزمن (7) مساحة من الانضغاط العالي مشكلة من D,C,B محاطة بمساحات من الضغط المنخفض نسبياً. ويوصلنا للزمن (10) نجد أن الموجة الانضغاطية الأولى قد ابتعدت عن مصدر الصوت وتتألف الآن من الجزيئات G,F,E وفي الوقت نفسه نجد موجة انضغاط أخرى تصدر من المذهب مؤلفة من الجزيئات C,B,A.

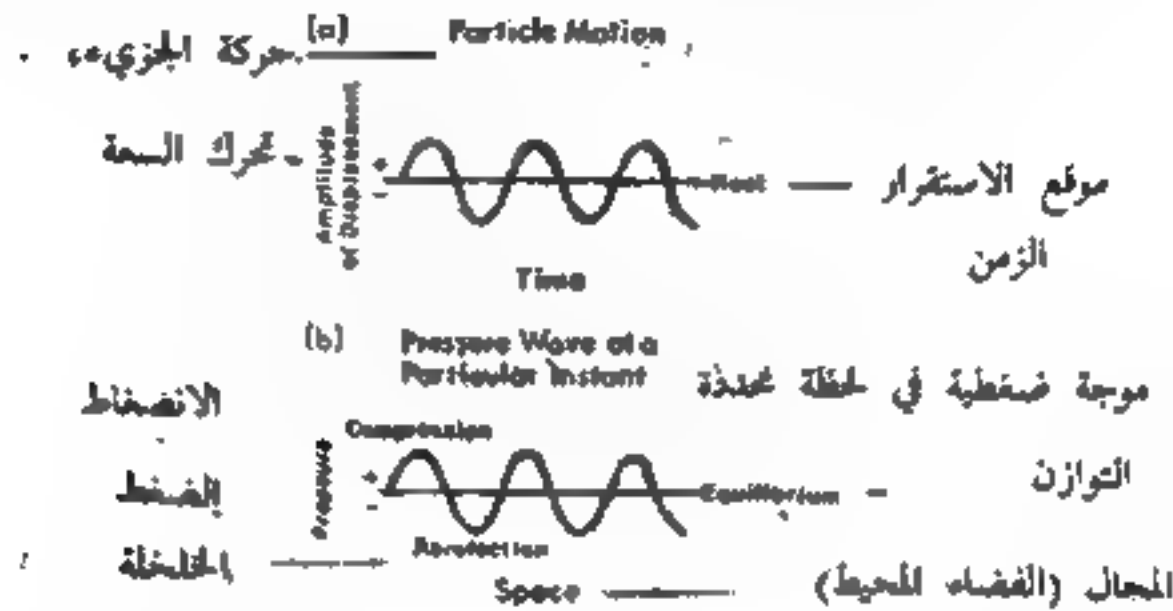
إنه من المفيد والمساعد أن نتخيل موجات انضغاطية تتحرك عبر وسيلة من خلال تجربة بسيطة نستخدم فيها سلكاً ملفوفاً. وهناك لعبة في الأسواق الآن اسمها Slinky تنفي بالفرص على نحو مناسب. أنتشر السلك الملفوف على طاولة بين يديك، ثبت أحد الأطراف بثبات، وحرك الطرف الثاني إلى الأمام والخلف في حركة تناغمية بسيطة حتى يمكنك ملاحظة تدفق الموجات من خلال الملف. لاحظ أن الموجات تنتشر باتجاه حركة اليد نفسها. يسمى هذا النموذج من الموجات، الذي تكون فيه حركة الجزيئات بنفس اتجاه حركة الموجة نفسه بـ «الموجة الطولية». والموجات الصوتية هي موجات طولية في الهواء أو السائل. بينما تسمى الموجات الناتجة عن رمي حصاة أو غمس إصبع في الماء بـ «الموجات العرضية»، لأنه على رغم اعتماد الموجة عن مصدر الخلخلة، لكن الجزيئات المائبة تتحرك بزوايا قائمة إلى الأعلى والأسفل بالنسبة إلى الموجة.

فلو صبغت كافة الجزيئات الهوائية في غرفة باللون الأخضر، فسندجد عندئذٍ، أن الشوكة المرناة في منتصف الغرفة ستحاط بدائرة من اللون الأخضر الغامق نسبياً (مساحة من انضغاط الجزيئات الهوائية) تتحرك بعيداً عن المذبذب، فعلى الرغم من تحرك كل جزيء إلى الأمام والخلف في مكانه لكن الاضطراب سيتحرك خلال الغرفة. وتنتج كل مساحة انضغاط في الجزيئات بمساحة من اللون الأخضر الكاشف (مساحة خلخلة تتبع هي نفسها بمساحة أخرى عن الانضغاط (أنظر الشكل 3.9) وتنتشر موجات الانضغاط من المذبذب في كافة الاتجاهات.



الشكل 3.9: موجة ضغطية تنتج عن مصدر صوتي (يجب أن نخصص للمساحات الانضغاطية المذبذب في شكل كروي. لم يشر إلى هذا التمثيل في هذا الشكل الثاني الأبعاد فحسب).

يمكن رسم الموجات الانضغاطية على صورة موجة جيبية بالطريقة نفسها التي متلبا فيها حركة الجزيء المنفرد. يظهر الشكل (3.10) هذه العلاقة. تشكل أشكال الموجات تمثيلاً شائعاً للرموز والإشارات الصوتية. فالوجة الصوتية هي السعة منتشرة على محور الزمن. من ثم تمثل حركة الجزيء كما في الشكل (3.10.a)، لكننا نفهمها أيضاً بوصفها تمثل الاختلاف والتغيرات في الضغط في الوسط الناقل على محور نام كما في الشكل (3.10.b).



الشكل 3.10: (a) شكل موجة كنفمة بسيطة. (b) صورة للاختلافات الضغطية في الفضاء المحيط. تناظر أشكال الموجات.

تمثل مرسمة أشعة الكاثود وسيلة يمكنها إظهار أي صوت في شكل موجة. تذكر أن حركة أي جزيء مستقلة، إن كانت مرئية، لن تبدو كشكل تلك الموجة، لكن شكل الموجة عبارة عن تمثيل مجرد للحركات التي يقوم بها الجزيء من موقعه في حالة الاستقرار خلال فترة زمنية محددة، وتشير سعة الحركة إلى شدة أو قوة الصوت، ومن خلال العلوم المتعارف عليها، يشير الإحداثي الرأسي، في أغلب الأحيان، إلى وحدات الشدة، يتمثل الرسم على طول المحور الأفقي وفقاً للعلوم المتعارف عليها أيضاً.

المكونات الأساسية للصوت Essential Constituents of Sound

هل هذه الموجات الانضغاطية النعيرية صوت؟، إنه سؤال موقوف «الشجرة المسنة القديم في الغابة. فلو بقيت شجرة في غابة ولم يوجد هناك من يسمعها التة، فهل هناك صوت؟ إتنا نعرف أنه لا بد من وجود شروط أساسية قبلية للحصول على الصوت: شيء يتحرك ووسط (الهواء في مثالنا) يتحرك الاضطراب من خلاله. ولكي نتم تعريف الصوت، يجب أن يكون الاضطراب مسموعاً، ويجب أن يكون قاصراً على إصدار دذببات ماطرة في لذن مسترله. لكن أذان الحيوان المختلفة مولعة لسمع أصوات مختلفة. فالخفايش تسمع أصواتاً ذات ترددات عالية جداً لا يمكن للآذن البشرية سماعها. وعلى الرغم من أن بعض المهاجم تحدد تعريف الصوت بالدذببات التي تسمعها الآذن البشرية، لكن ذلك يبدو تقييداً غير ضروري. وفوق هذا وذاك، هناك بعض الدذببات التي لا يمكن سماعها من جانب أي مخلوق على الأرض إما لارتفاع ترددها أو لانخفاضه على نحو مطلق أو لانخفاض شدتها إنخفاضاً كبيراً. هل يمكن تسمية الاضطرابات الناتجة عن هذه الدذببات بالصوت. يبدو هذه وجهة نظر متطرفة أيضاً.

دعنا نعرف الصوت اعتبارياً بأنه اضطراب مسموع في وسط يسببه مصدر ما. ويمكن للمصدر أن يكون وتر قيثارة استمد قوته من لمسة إصبع بشرية أو من الجبال الصوتية المتحركة عند الإنسان بوساطة الهواء المنفوخ من الرئتين. ويمكن أن يكون الوسط غازاً أو سائلاً أو مادة قلوية نسبياً. ويمكن لأية وسيلة مطاطية أو مرنة أن تنقل الإشارة السمعية. يجب أن يكون الاضطراب قوياً بحيث يسبب تدذببات مماثلة في جهاز استقبال. يمكن للجهاز الاستقبال أن يكون الجهاز السمي لأي مخلوق يشكل الرمز الصوتي فيه رمزاً مسموعاً. ووفقاً لتعريفنا يمكن أن يسمى سقوط الشجرة الذي يسبب اضطراباً مسموعاً، حتى إن لم يسمع، صوتاً.

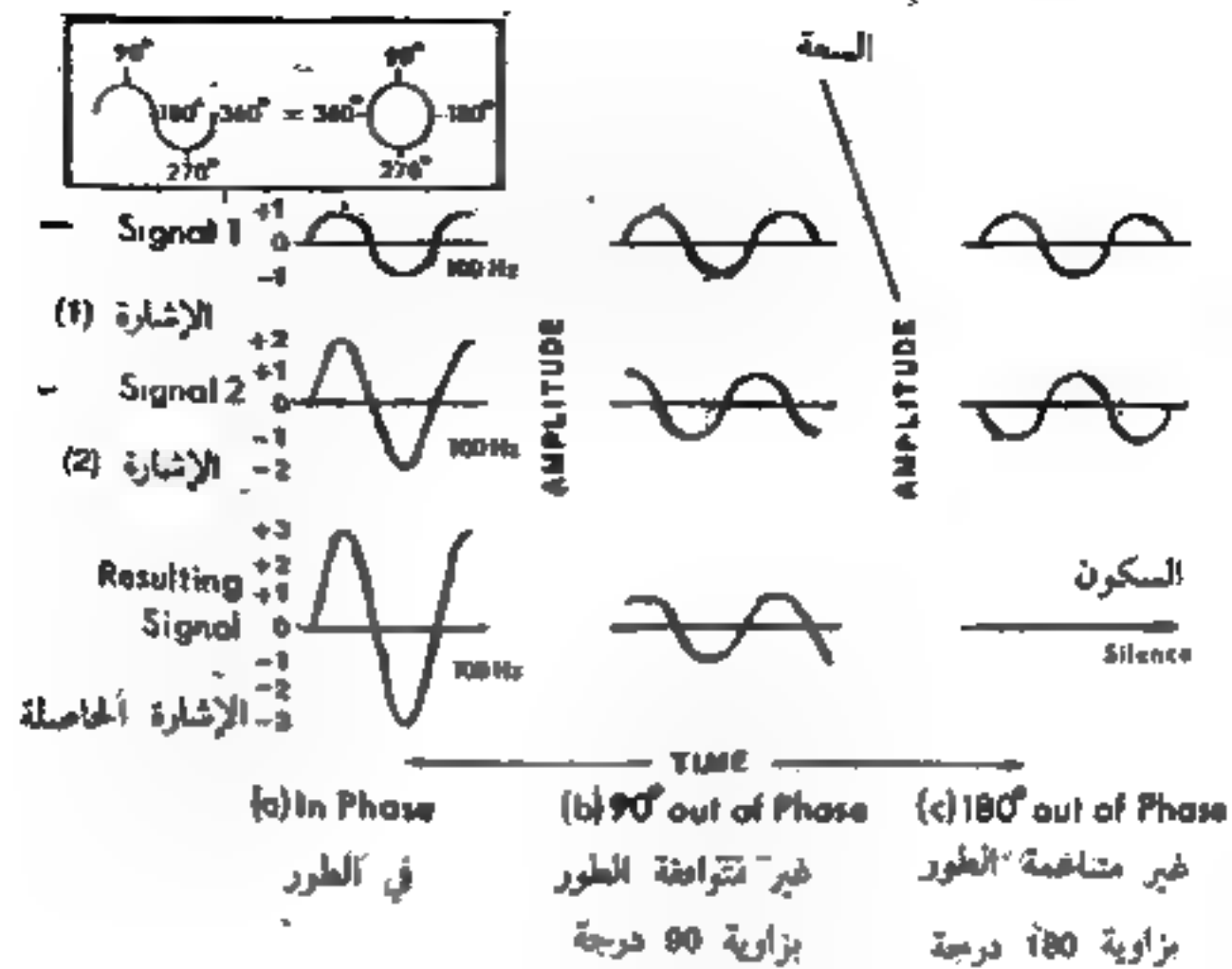
Interference

أنماط التداخل

من المدهش أنه يمكن ملء الهواء بالعنيد من الأصوات التي يمكن بثها في وقت واحد جميعاً. وبما أن جزيئات الهواء تهتز في مكانها، فهي من ثم قادرة على الاستجابة للعديد من الإشارات في الوقت نفسه، لكنه يمكن للأصوات ذات التردد الواحد أن تتداخل فيما بينها على أية حال. يمكن لهذه الظاهرة (التداخل) أن تحدث عندما يولد التردد من مصدرين، أو، كما يحدث في أضواء الأحياء، عند ارتباط الإشارات الصوتية بعائق كحائط، مثلاً، وتتسابق فيما بينها في هذه الحال.

يمكن لشكلي الموجتين في إشارتين تمتلكان تردداً مشتركاً أن يجعما على نحو مباشر. ويعتمد شكل الموجة الحاصلة على علاقة الطور بين الإشارتين. ولكي نفهم علائق الأطوار، من المفيد أن نفهم دورة من الذبذبة بوصفها دائرة كاملة. تمتلك كل دائرة مجموعاً نهائياً قدره 360 درجة. وبذلك تكون نصف الدائرة 180 درجة، وربع الدائرة 90 درجة، في حين يساوي $\frac{1}{4}$ الدائرة 270 درجة. يمكن النظر إلى الموجة الجيبية على أنها دائرة مفتولة ومفتوحة في المنتصف كي نستطيع تمثيل محور الزمن كما في الشكل (3.11).

فلو كانت هناك إشارتان لها التردد نفسه وفي الطور نفسه (وفي السعة نفسها)، ستتكرر، عندئذٍ ذرى موجاتها الضغطية وبعطونها في الوقت نفسها وستساوي سعة شكل الموجة الحاصلة الضعف. يوضح الشكل (3.11) إشارات بسمات بسيطة بالطور نفسه، غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 90 درجة، ومتضادة الطور (غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 180 درجة). فعندما تكون الإشارات غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 90 درجة نسبق أحدهما الإشارة الأخرى بربع دورة. وعند أية لحظة ستكون سعة الموجتين ببساطة حاصل جمعها. وعندما تكون هناك إشارتان سمعيتان لها الدرجة نفسها من الذبذبة ومتضادتان الطور (غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 180 درجة) ستكون النتيجة هي السكون، لأن كل جزئي سيتلقى قوتين متساويتين وباتجاهين متعاكسين (متضادين في الاتجاه). ولذلك سيبقى كل جزئي في حالة السكون.



الشكل 3.11: نتيجة الجمع بين نغمتين بسيطتين (الإشارة 1 والإشارة 2) مختلفتان في الطور والسعة وتساويان في التردد نفسه. وفي كافة الأحوال، ستكون الإشارة الحاصلة نغمة بسيطة لها التردد نفسه، ولكن سيتغير الطور والسعة. إن الجمع بين نغمتين بسيطتين بنفس التردد والسعة ولكن متضادتين في الطور ينتج عنه السكون كما هو موضح في العمود (2).

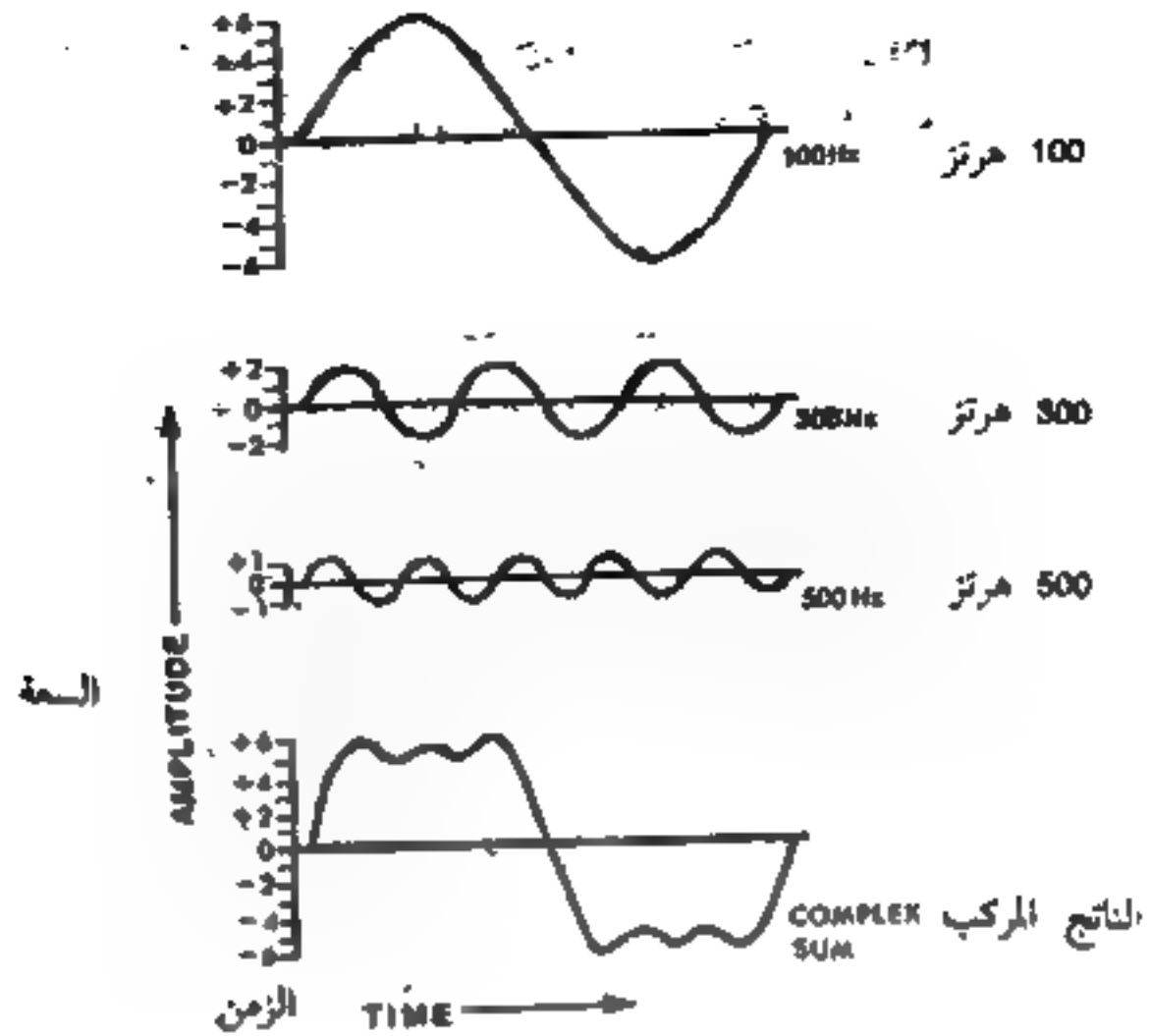
وتكون مشكلة تداخل الأنماط الموجية حالة خاصة في تصميم قاعات الأوبرا التي يتطلب تصميمها مهندسين مهرة في الخصائص السمعية في الهندسة المعمارية. وإن لم يوضع في الحسبان كل الاعتبارات المتعلقة بالخصائص السمعية في تصميم قاعات الأوبرا، فإن الأصوات التي تستعزف داخلها ستعكس من الجدران القاسية على نحو ترجع فيه الصدى، ويعني هذا أن الصوت سيمطأ أثناء ذهابه وارتداده، وسيمنع ذلك

المستمعين من سماع الصوت اللاحق على شكل مناسب. وستكون الأصوات صالحة في بعض الأماكن وخافتة في أماكن أخرى بسبب تداخل أنماط الموجات أيضاً. ويساعد في حل المشكلة وجود حشد كبير من المستمعين يرتدون ألبة ماصة للصوت، كما يساعد في ذلك المواد الماصة المستخلعة في زخرفة الجدران والسقف. ومن وجهة أخرى، فإن وجود مواد خافضة للصوت كثيراً سيجعل قوة الصوت خاملة. إن تحقيق التوازن الصحيح شيء صعب المثل. ومع ذلك لا يود أحد منا أن يكون سبيء الخط ويجلس في نفقة ميتة سمعياً في مدرج كبير حيث الأنماط الموجية بسبب ارتداد الصوت من جهة وامتصاصها من جهة أخرى، بحيث يؤدي إلى إلفانه ولو جرتياً

Complex Tones

النغمات المركبة

تصدر معظم مولدات الأصوات، على خلاف البشوة المرناة، ذبذبات مركبة. وبدلاً من أن تتذبذب الأصوات في حركة تناغمية بسيطة تتحرك على نحو مركب مؤلفة من أكثر من تردد واحد. وعندما نرسم هذه الحركات، نجد شكل موجة أكثر تعقيداً يأخذ مكان موجة النغمة البسيطة. ولكي نفهم اشتقاق النغمة المركبة أو تركيبها ما عليك إلا أن نضيف موجتين جيبيتين بترددات مختلفة أحدهما إلى الأخرى. إنه من الضروري أن نتذكر أنه يمكن الجمع بين العديد من الأصوات التي تتمتع بالتردد نفسه وبالطور نفسه كما في الشكل (3.11) لكن النتيجة ستكون دائماً موجة جيبية أي: تمثيل للنغمة بسيطة. لكنه إن جمعت نغمتان بسيطتان أو أكثر، وترددات مختلفة، فستكون النتيجة نغمة مركبة. يظهر الشكل (3.12) مثلاً في جمع النغمات البسيطة لتشكيل نغمة مركبة.



الشكل 3.12: شكل موجة لنغمة مركبة مشتقة من ثلاث نغمات بسيطة بغطفة الترددات.

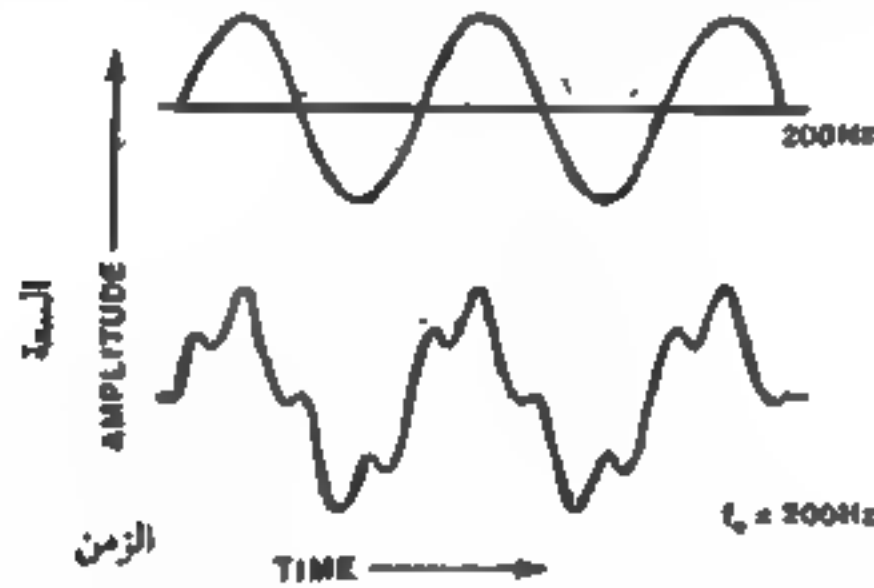
هناك نوعان من الأصوات المركبة، في الأول: تكرر أنماط التذبذب نفسها بنفس النظر من درجة تركيبها وتسمى «دورية»، بينما يكون التذبذب في النوع الثاني اعتباطياً، ولا يمتلك نمطاً متكرراً ويسمى «لا دورياً».

اعرف نغمة موسيقية على البيانو أو غن (أه)، فستشكل الأصوات الناتجة موجات مركبة ولكنها دورية. ارم كتاباً على الأرض أو حاول أن تصفر من خلال أسنانك، فستكون الأصوات الناتجة موجات مركبة (أكثر من تردد واحد) ولكنها لا دورية في أشكال موجاتها.

Harmonics: Characteristic of periodic com-

Complex Tones: التوافقيات : سمة النغمات المركبة الدورية :

تصدر الذبذبات المركبة الدورية إشارات تكون فيها ترددات المكونات مصاعمت صحيحة لأذن تردد في النمط المتكرر أو ما يسمى بـ «التردد الأساسي». يمثل الشكل (3.13) شكل موجة لموجة صوتية دورية مركبة مشابه للموجة التي تصدر عندما تقول امرأة (أه)، تظهر وهي مشابهة لشكل نغمة بسيطة ذات تردد قدره 200 دورة في الثانية.



التردد الأساسي = 200 دورة في الثانية.

الشكل 3.13: شكلا موجتين: الأولى نغمة بسيطة، والثانية مركبة كل منهما ذات تردد قدره 200 دورة في الثانية.

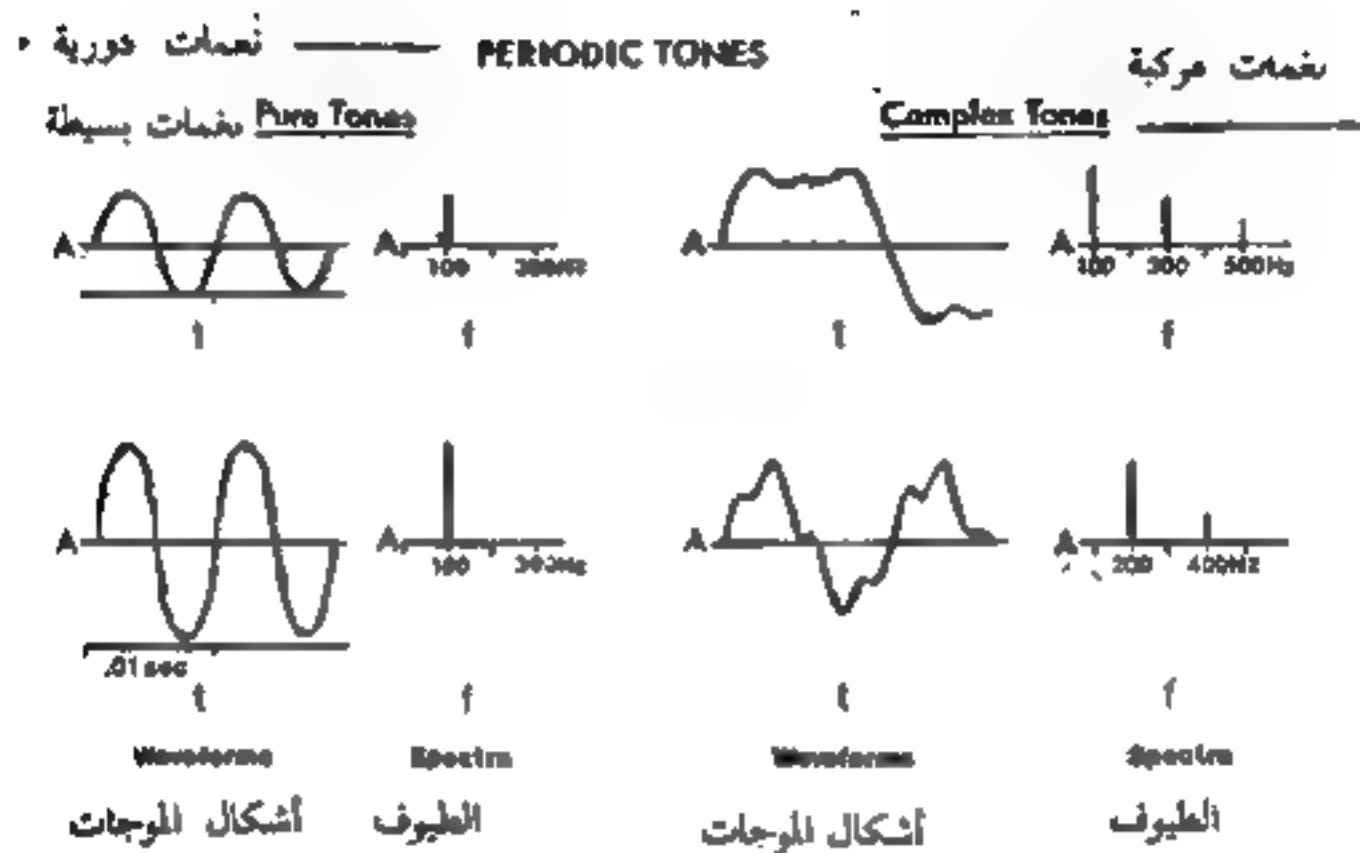
من الواضح أن النمطين يكرران نفسيهما بالتردد نفسه. يسمى هذا التوافقي الأول بـ «التردد الأساسي» (يختصر بـ F_0). وتكون الترددات الأعلى مضاعفات صحيحة لتردد F_0 . وفي مثلثنا، سيكون تردد التوافقي الثاني 2×200 أو 400 دورة في الثانية، وسيبلغ التوافقي الثالث تردداً مساوياً لـ 3×200 أو 600 دورة في الثانية وهكذا.

دواليك. يسمى f_0 في الفيزياء بـ «التوافقي الأول»، بينما يسمى التوافقي الأول في الموسيقى «المصاعف الأول» للتردد الأساسي (أي: 2×200) وذلك تقليد سبب بعض الإرباكات والتشوش.

يعرض شكل الموجة معلومات عن السعة والزمن. وعلى الجملة، ليس من السهل تقدير سعة التوافقيات المنفردة من شكل الموجة المركبة. يمكن الحصول على معلومات حول التردد من خلال إحصاء عدد المرات التي يكرر النمط فيها نفسه في كل ثانية. وهذه العملية سهلة في النغمة البسيطة فحسب، لكنها صعبة في النغمة المركبة، لأنه لا يمكن عد سوى F_0 بسهولة.

وهناك النموذج آخر لعرض الأنماط التذبذبية يسمى بـ «المخطط الطيفي» أو «الطيف السموي» يمثل فيه الإحداثي الرأسي سعة الإشارة. كما أشرنا مقدماً، بينما يمثل الإحداثي السيني التردد. حيث يمكن إرجاع أية إشارة دورية مركبة أو تحليلها رياضياً إلى مكوناتها الترددية، وهذا اكتشاف اكتشفه ج. ب. فورير «J.B. Fourier» في فرنسا في الربع الأول من القرن التاسع عشر.

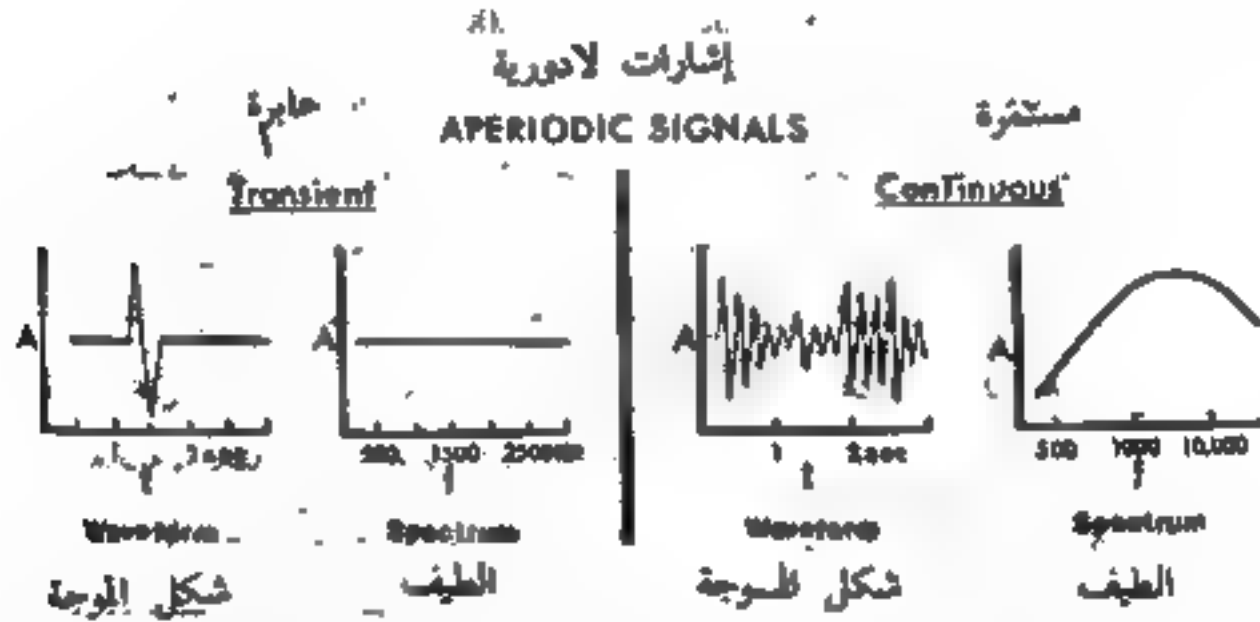
لعل مراجعة عامة لأشكال الموجات التي استعرضت قبلاً، لكنها الآن مصحوبة بأطرافها المتناظرة كما في الشكل (3.14)، نفي بفرض التمييز بين نوعي عرض الأنماط التذبذبية.



الشكل 3.14: أشكال موجات وطيفها المناظرة. تمثل الاشارتان في الجهة اليسرى ذبذبات بتردد واحد (نغمات بسيطة)، بينما تمثل الاشارتان في الجهة اليمنى ذبذبات مركبة مختلفة، حُللت بوصفها تردداً أساسياً ونوافقيات أعلى.

الإشارات المركبة للادورية، A Periodic Complex Signals

تمثل أصوات سقوط كتاب أو بصغير خارج من بين الأمتان إشارات مركبة، لأنها تتألف من أكثر من تردد واحد، لكن الترددات هنا لا ترتبط توافقاً كما هي في الأصوات الدورية. وفي كلتا الحالتين، يوضع الهواء في إثارة اعتباطية وبذبذبات مصاعفة في النتيجة. وأشكال الموجات لا دورية لأنه لا يوجد تكرار لنمط متحرك. فسقوط الكتاب يصدر صوتاً مؤقتاً يتمثل بنفثة من الضوضاء تبقى لفترة وجيزة، بينما يكون الصغير مستمراً، ويبقى طالما أن الهواء يخرج بمغف من خلال فتحة ضيقة. يمكن رسم الطيف السعوي للإشارات الدورية والادورية على حد سواء، يري الشكل (3.15) أشكال موجات وطيفها السعوي لإشارات أصوات لادورية النموذجية.



الشكل 3.15: إشارات صخب. تمثل الصور في الجهة اليسرى شكل موجة والطيف الماظر لصوت يشبه صوت سقوط كتاب. وبما أن الترددات متعقدة وعشوائية، فقد تمت الإشارة إلى سعة متوسطة دون الإشارة إلى سعة الترددات منفردة. يبين الشكل الرسومي في الجهة اليمنى شكل موجة والطيف السعوي الماظر لصوت صغيري. كما تمت الإشارة إلى منحنى السعة بوصفه دالة للتردد.

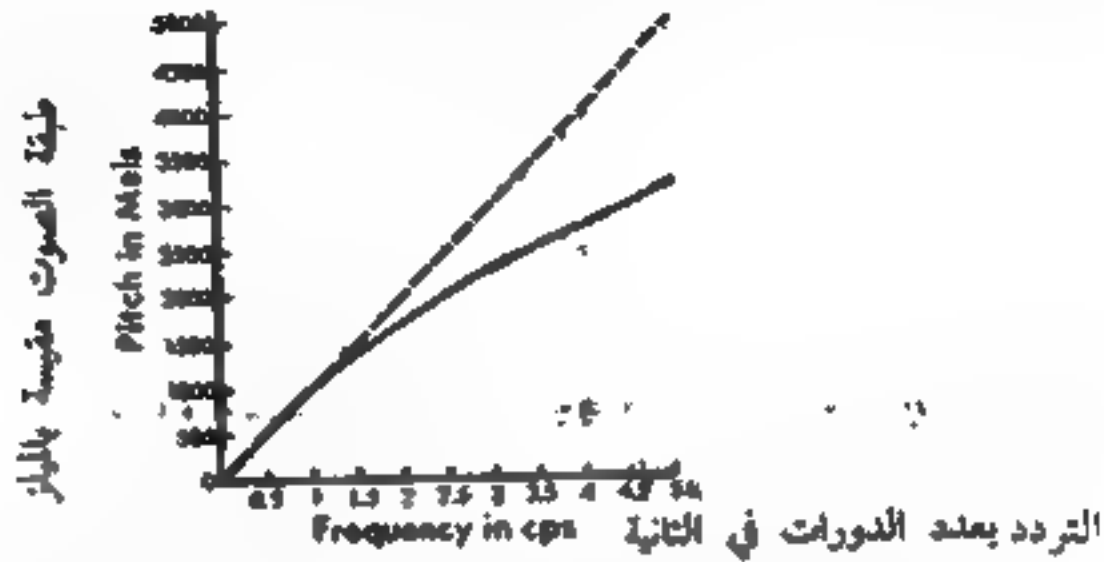
التردد وطبقة الصوت

Frequency and pitch

لقد عرفنا التردد بأنه عدد الدورات المتذبذبة في الثانية. وتعني الرموز الآتية. (100 cp), (100 ~), و (100 Hz) الشيء نفسه أي: 100 دورة في الثانية. لكن وحدة الهرتز هي المفضلة، يختلف الناس في طبقة التردد التي يمكن لأذانهم سماعها. ولكن على الحملة يمكن لأذني الإنسان الشاب المعلق أن تلتقط طبقة من التذبذبات تبدأ بـ (20) هرتز وتنتهي بـ (20,000) هرتز، تسمى التذبذبات ذات الترددات العالية جداً بـ «فوق السمعية»، وتسمى الترددات المنخفضة جداً التي لا يمكن سماعها بـ «ترددات دون السمعية». وربما لا يمكن أن نسمع الترددات المنخفضة جداً على شكل صوت، لكنه يمكننا لحسها غالباً. وتقع الترددات الهامة في الإشارة الصوتية في الطبقة الواقعة بين 100 و 5000 هرتز. وإذا ما قارنا طبقة الصوت هذه بطبقة الصوت التي تصدرها الحفافيش، التي تتراوح ما بين 20,000 و 100,000، فإن الصوت يستخدم لأغراض متعددة، يستخدم الإنسان الصوت لنقل الأفكار والمشاعر، بينما تستخدم الحفافيش الصوت لتحديد موقع الحشرات لافتراسها. وسواء استخدم إصدار الصوت لتحديد الموقع أو من أجل التخاطب، فمن المهم للاستجابة الترددية في الجهاز السمع، في أية حال، أن تتساوى مع السمات الترددية للآلة التي تصدر الصوت. تميز الحبال الصوتية الإنسانية، على نحو عادي، بطبقة ترددية تتراوح بين 80 هرتز و 500 هرتز في حالات التكلم العادية، لكنه يمكن لبعض الموضوعاء الكلامية التي تصدر في الفم أن تحتوي على ترددات تمتد إلى عدة آلاف من الدورات في الثانية. وعندئذ نجد أن الجهاز السمع الإنساني يستجيب لهذه الترددات من التذبذبات.

يتعلق التردد مباشرة بطبقة الصوت، وعندما يتناقص التردد نحس بانخفاض في طبقة الصوت. لكن العلاقة لا تتسم بالخطية؛ ففاصل ثابت من ارتفاع في التردد لا يتبع عنه تغير ثابت في طبقة الصوت. التردد حقيقة في الفيزياء، وهو حدث يمكن قياسه بوسائل محددة، ويساوي عدد الدورات في وقت محدد. وعلى نحو مماثل فإن طبقة الصوت ظاهرة نفسية. وهي الطريقة التي يفهم فيها المستمع تغيرات التردد. ويمكن قياسها من خلال التوجه بالسؤال إلى المستمعين كي يدلوا بإحكامهم فحسب

والجهاز السمي الإنساني أكثر استجابة لبعض التغيرات الترددية من غيرها ففي الترددات الدنيا (أقل من 100 هرتز) تكون طبقة الصوت المحسوسة خطية العلاقة مع التردد. ولكن عندما يرتفع التردد، فإننا نحتاج إلى تغير أكبر في التردد حتى نحصل على تغير فعال في الإحساس بطبقة الصوت. يوضح الشكل (3.16) العلاقة بين الصفة الفيزيائية للتردد والإحساس النفسي بطبقة الصوت.



الشكل 3.16: إعادة تثبيت مقياس ميلز عند تسينقز (Savens) وفولكمان (Volkmann). يشير الخط الصلب إلى الطريقة التي تزداد فيها طبقة الصوت (ميلز) مع ازدياد التردد (عدد الدورات في الثانية). يشير الخط المنقطع إلى العلاقة إن كانت ثامة.

إن وحدات التردد هي الدورات في الثانية؛ بينما تسمى وحدات قياس طبقة الصوت بـ (الميلز). ومن خلال اختبار مستمعين على ترددات متنوعة، تم استخدام طبقة صوت لمنفعة ذات تردد قدره 1000 هرتز بوصفها نقطة مرجعية، وسميت، اعتبارياً، بـ 4000 ملز. وتساوي طبقة صوتية قدرها 500 ملز نصف الطبقة الصوتية لمنفعة أخرى طبقتها الصوتية 1000 ملز، بغض النظر عن التردد، بينما تساوي طبقة صوتية قدرها 2000 ملز ضعف طبقة صوتية قدرها 1000 ملز. وما منحى الميل المثل بالخط الصلب في الشكل (3.16) إلا نتيجة لهذا الإجراء القياسي.

يمكن ملاحظة أن التردد يشير إلى عدد الدورات في الثانية، بينما يُحفظ بطبقة

الصوت للدلالة على الإحساس بالتردد. وقد ثبت مقياس المل من خلال اختبار مستمعين والطلب منهم الإدلاء بأحكامهم بشأن طبقة الصوت لتعلمات بسيطة ولكن ماذا عن طبقة الصوت في التعلمات المركبة؟ كيف يمكن للمستمعين أن يدلوا بأحكامهم على طبقة صوت تحتوي على أكثر من تردد واحد؟ لقد وجد أن طبقة الصوت في النعمة الدورية المركبة التي أدلى بها المستمعون تتوافق مع التردد الأساسي في سلسلة التوافقيات. وما يشير الدهشة، أن الجهاز السمع يعرض عن ضياع التوافقيات المنخفضة أو خسارتها ويسمع f_0 حتى إن كان هذا الأخير غائباً. فعلى سبيل المثال، حكم على طبقة صوتية في نعمة مركبة دورية مؤلفة من الترددات 900, 600 و 1200 هرتز بأنها تساوي 300 هرتز، لأن ذلك يشكل القاسم الأكبر. تتأثر الأحكام، على الجملة، في الأصوات اللادورية، بمركز النطاق الترددي، أو بالتردد الذي يمتلك أعلى سعة.

الديسبل: مقياس الشدة النسبية. The Decible: A measure of Relative Intensity.

لقد أشرنا قبل إلى أن سعة الذبذبة - مدى تحرك الجسم - هي دلالة على شدة الصوت أو قوته. ولكي نصف الشدة النسبية لصوتين، نستخدم وحدة قياس تسمى بـ «الديسبل»، وتعني حرفياً 10/1 من بيل، وذلك تشريف لـ الكسندر جراهام بيل (1847-1922) المخترع الأمريكي للهاتف ومعلم الصمم، إن مقياس الديسبل المستخدم في قياس الشدة هو مثال للمقياس اللوغاريتمي. ففي المقياس الخطي، كما في المسطرة، هناك الصفراء وكل زيادة تسوي التي قبلها. وبذلك يمكن جمع هذه الوحدات بإضافة إحداها إلى الأخرى، بينما يعتمد المقياس اللوغاريتمي، كما يمكنك ملاحظته في الجدول الآتي، على أس لعدد معطى أو عكس يسمى «القاعدة»، ففي الدليل تساوي القاعدة 10، ويتألف المقياس من زيادات ليست متساوية بل تمثل اختلافات كبيرة على نحو متزايد.

مقياس خطي	Linear scale
	1,000
	>diff. = 1,000
	2,000
	>diff. = 1,000
	3,000
	>diff. = 1,000
	4,000
	1,000 = الفرق < 2,000
مقياس لوغاريتمي	Logarithmic scale
	$10^2 = 100$
	>diff. = 100
	$10^3 = 1,000$
	>diff. = 900
	$10^4 = 10,000$
	>diff. = 9,000
	$10^5 = 100,000$
	100 = 10^2
	1,000 = 10^3
	10 = base 2, 3, 4, 16, 5 are logarithms
	القاعدة = 10 و 2, 3, 4, 5 هي لوغاريتمات

لماذا استخدم المقياس اللوغاريتمي في قياس الشدة الصوتية. هناك سببان لهذا النظام الأول: هو أن الأذن البشرية حساسة لطبقة كبيرة من الشدة تصل إلى 10^{10} (10,000,000,000,000) أو عشرة ترليون من وحدات قياس الشدة في المقياس الخطي. ويشكل هذا رقماً كبيراً في الحسابات، لكنه يمكن اختزال هذا الرقم الكبير في مقياس لوغاريتمي مكثف إلى 130 ديسيبل تحسب.

أما الثاني فهو أن المقياس اللوغاريتمي يشبه إلى حد كبير الطريقة التي تتغير فيها الأذن البشرية ارتفاع الصوت. إنه من المعروف منذ كتابات العلماء الألمان، أرنست ويبير (Ernest Webber)؛ (1834) وغوستاف فيشر (Gustav Fechner) (1860) في القرن التاسع عشر، أنه يمكن الحصول على زيادات متساوية في الإحساس (في هذه الحالة ارتفاع الصوت) بضرب المؤثر بعامل ثابت. ولا ينطبق هذا المبدأ على كامل الشدة الصوتية التي تتحسسها الأذن البشرية. لكنه مقياس دقيق إلى درجة يمكن فيها اعتماده عملياً. وهكذا، تقابل كل خطوة في مقياس الديسيبل زيادة متساوية في ارتفاع الصوت تقريباً حتى ولو كانت اختلافات قوة الصوت كبيرة.

تناسب قوة الصوت مع مربع الضغط، أو إن وصفتنا النقطه عكسياً قلنا: يتناسب الضغط مع الجذر التربيعي للقوة الصوتية. وعلى غرار ما نستخدم الإنش أو الستيمر

وحدة قياس في قياس الطول، تكون وحدة القياس المستخدمة في السمعات هي «الواط» في قياس القوة، و «الدائنة» في قياس الضغط. ويشير مستوى الشدة في الفيزياء إلى قوة الإشارة مقيسة بالواط في السنتيمتر المربع، أما في سمعات الكلام والسمع فقد حرت العادة على استخدام مستوى الضغط الصوتي على أنه القياس، ووحدة قياس الضغط هي الدائنة في السنتيمتر المربع. ويمكن تحويل وحدات القوة أو وحدات الضغط إلى الديسبل.

يمكن أن تكون قد سمعت أن طائرة ما تقطع بمحتوى صوتي يساوي 100 ديسبل (مستوى الضغط الصوتي). أو أن متوسط الشدة في المحادثة هو حوالي 60 ديسبل (مستوى الشدة). لقد استخدم القياس الأول الضغط بوصفه الوحدة المرجعية في القياس أي: يساوي الضغط الصوتي لضوضاء الطائرة 10^{-10} أكبر من أدنى الأصوات سماعاً (النسبة 100,000 إلى 1). وحتى لو قيست هذه الشدة باستخدام الوحدة المرجعية في قياس القوة فستبقى الشدة مساوية إلى 100 ديسبل، ولكن تختلف نسبة الشدة هنا بحيث تصبح 10^{-10} أي (10,000,000,000 إلى 1) لأن زيادات القوة تساوي مربع زيادة الضغط. واستخدم القياس الثاني، الشدة الصوتية، وحدة قياس القوة. تؤكد هذه العلاقة بين الضغط والقوة ضرورة استخدام صيغ منفصلة في حساب الديسبل. الأولى عندما نستخدم وحدة قياس القوة (الواط) والأخرى عند استخدام وحدة قياس من الضغط (الدائنة).

إن الشيء الهام الذي يجب تذكره حول قياس الشدة الصوتية هو أن هناك دائماً نقطة معيارية مرجعية. فالديسبل هو وحدة قياس الشدة، وفي الواقع، هو نسبة أي: مقارنة الصوت المراد قياس شدته بصوت تساوي شدته النقطة المعيارية المرجعية في قياس الشدة. تساوي نقطة قياس الشدة المرجعية 10^{-10} واط/سم² (10^{-10} watts/cm²)، بينما تساوي النقطة المرجعية في قياس الضغط الصوتي 0.0002 دائنة في/سم² (0.0002 dynes/cm²). وتقيس كل من هاتين الإشارتين أدنى الأصوات سماعاً عند الإنسان، أو عتبة السمع المطلق عند الإنسان.

إن صيغة حساب الديسبل عند استخدام وحدة قياس الشدة المرجعية هي .

$$DBIL = 10 (\log_{10} \frac{W_o}{W_r})$$

حيث تساوي IL مستوى الشدة (الوحدة المرجعية هي $(10^{-10} \text{ watts /cm}^2)$) ،
وتساوي W_o قدرة الخرج (قوة الإشارة المراد قياسها) في الواط. وتساوي W_r الوحدة
المرجعية في قياس القوة بالواط. أي: (قوة الإشارة المرجعية: 10^{-10} واط/سم²)
ويساوي اللوغارتم العشري نسبة W_o/W_r والقاعدة هي 10، والأس هو الـ log.
فعل سبيل المثال: لو كانت النسبة تساوي 100 إلى 1 فسيكون الـ log مساوياً 2 لأن
 $10^2 = 100$ والأس هو 2.

وتكون المعادلة المستخدمة في حساب الديسبل عندما نستخدم وحدة حساب
الضغط المرجعية من أجل المقارنة على النحو الآتي:

$$DBSPL = 20 (\log_{10} \frac{P_o}{P_r})$$

تمثل P_o في هذه الصيغة الضغط المراد قياسه (الخرج)، و P_r الضغط المستخدم
من أجل المقارنة (الوحدة المرجعية). فعل سبيل المثال: لو كان مستوى ضغط الصوت
المراد قياسه هو 20 دابن في السنتيمتر المربع (20 dynes /cm^2) فسيكون الصوت 100,000
مرة أكبر من وحدة الضغط المرجعية:

$$\frac{20 \text{ dynes /cm}^2}{0.0002 \text{ dynes /cm}^2} = \frac{100,000}{1}$$

وبما أن النسبة هي 100,000 إلى 1، فسيكون اللوغارتم العشري لنسبة مساوياً
لـ 5 (أحس هذا الأصغر فحسب). نطلب منا الصيغة الرياضية أن نضرب لوغارتم
النسبة بـ (20) وبما أن $100 = 5 \times 20$ فسيكون الجواب، هنا، هو 100 ديسبل.
تذكر أن $\log_{10} \frac{P_o}{P_r}$ هو مجرد رقم صغير والأس في هذه الحالة هو خمسة.

دعنا نتناول مثالاً آخر، هناك صوت تبلغ شدته الصوتية عشرة أضعاف مستوى

أدنى الأصوات سماعاً ($0.0002 \text{ dynes/cm}^2$)، فكم سيكون مستوى الضغط الصوتي لهذا الصوت مقبلاً بالديسبل؟

الجواب: إن اللوغارتم $10 = 1$ (صفر واحد فحسب) و $20 = 1 \times 20$ ،
لهذا سيبلغ مستوى الضغط الصوتي في هذا الصوت 20 «ديسبل» فحسب.

ويجب أن تكون قادراً على حساب النسبة أو الضغط في الدائين إن أعطيت القيم بالديسبل. فعلى سبيل المثال: كم يزيد مستوى الضغط الصوتي لحادثة يبلغ ضغطها 60 ديسبل عن ضغط أدنى الأصوات سماعاً.

$$60 \text{ dB SPL} = 20 \times (X = \log_{10} \frac{P_0}{P_r})$$

$$X = 3$$

وبما أن اللوغارتم $3 = 3$ ، فيجب أن تكون النسبة (1,000 إلى 1)، (ثلاثة أصفار فحسب)،

وبذلك سيكون الضغط الصوتي في الحادثة العادية أكبر بـ 1,000 مرة من ضغط أدنى الأصوات سماعاً، أو أكثر دقة.

0,2 دابن

الستيمتر المربع

$$\begin{array}{r} 0.0002 \text{ dynes/cm}^2 \\ \times 1,000 \\ \hline 0.2000 \text{ dynes/cm}^2 \end{array}$$

ماذا يعني صفر ديسبل. فلو كانت شدة صوت مساوية صفر ديسبل، هل يعني ذلك أنه لا يوجد هناك صوت؟ على العكس من ذلك.

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 20 (\log \text{ of the ratio}) \\ 0\text{dB} &= 20 \times 0 \end{aligned}$$

الديسبل $= 20 \times$ (لوغارتم النسبة)

فاللوغارتم هو صفر، وبما أنه لا توجد أصفار في النسبة، فإن النسبة تساوي

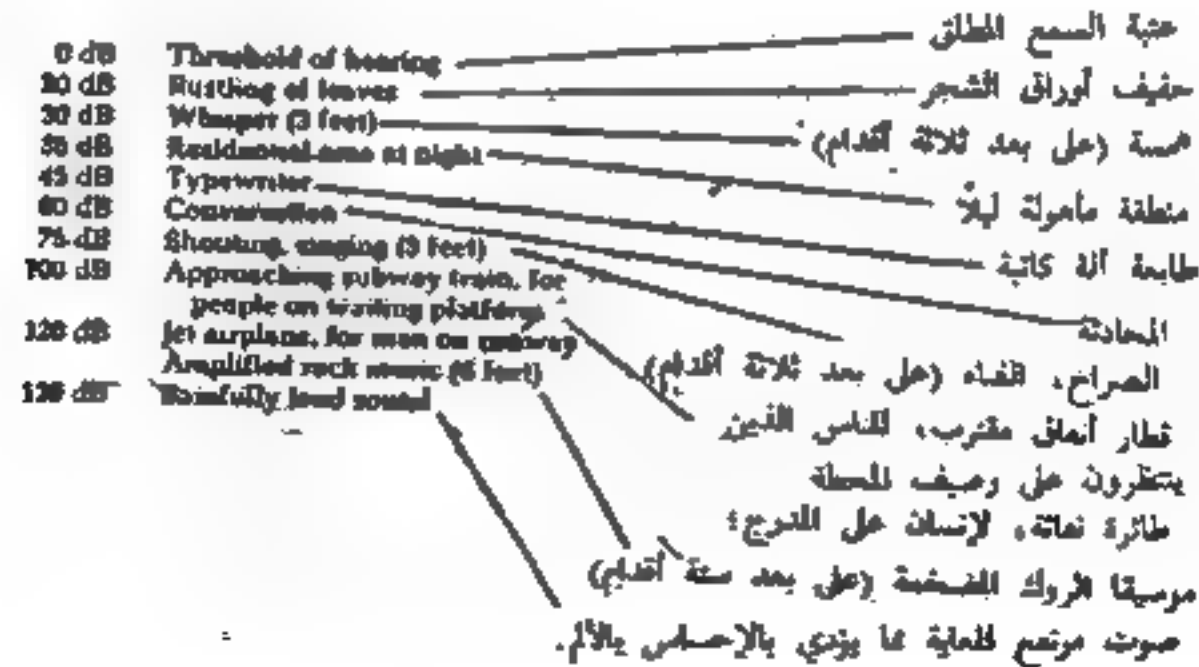
واحدًا، وهذا يعني أن الخرج يساوي ضغط وحدة القياس المرجعية (النقطة المرجعية) وهكذا، يمكننا أن نرى بوضوح أن صفر ديسبل يعني أن الصوت الذي نسمع يصادف مساوي لوحدة القياس المرجعية وليس السكون.

القياس (20 × لوغاريتم النسبة) اللوغاريتم النسبة

Ratio	Log	dB (20 × log of ratio)
1.000:1	0	00 dB SPL
1.000:1	2	40 dB SPL
10:1	1	20 dB SPL
1:1	0	0 dB SPL

بضم الجدول الآتي أرقاماً تقريبية لمستويات الضغط الصوتية لبعض الأصوات المألوفة:

كافة الأصوات على بعد بضعة أقدام من المستمع All sound within a few feet of the listener

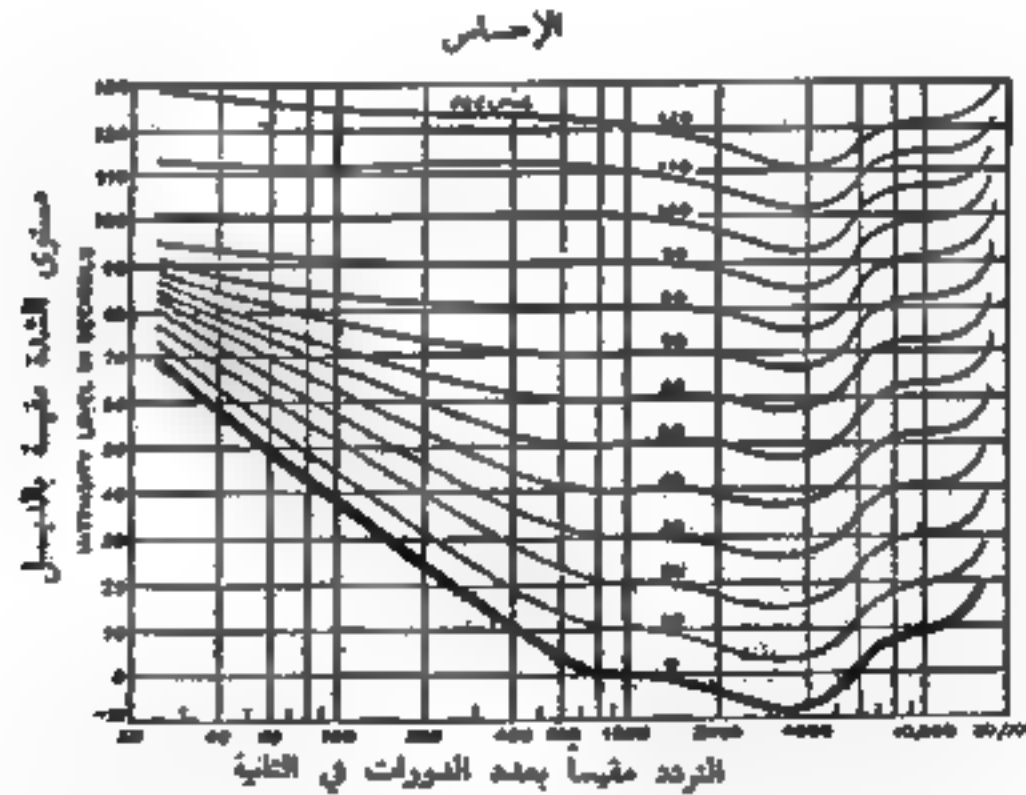


Intensity and Loudness

الشدة والجهازة

الشدة أو الضغط الصوتي، كالتردد صفة فيزيائية للإشارة السمعية يمكن قياسها بجهاز يسمى مقياس المستوى الصوتي، ترتبط شدة الإشارة مباشرة بجهازتها. فكلما ازدادت شدة الصوت حكم المستمعون بأن جهازته قد ارتفعت. والجهازة هي الإحساس النفسي الذي حول الشدة المراد قياسها، وكما هي الحال بين التردد وطبقة الصوت، فإن العلاقة بين الشدة والجهازة ليست في تناسب كامل. وهنا، كذلك، يقوم جهاز السمع الإنساني بتكييف الإشارة الصوتية، وبذلك تتطلب الإحساسات بجهازة متساوية ذات ترددات مختلفة نسبياً مختلفة من الشدة.

و «الفون» هو وحدة قياس الجهازة المتساوية. يمثل الشكل (3.17) مستويات جهازة متساوية لترددات مختلفة.



الشكل 3.17: خطوط مناسبة ارتفاع مستوى الصوت اشتغها فليشر وميسون (Fletcher & Munson). إن درجة ارتفاع الصوت في كل منحنى متساوية في كافة الترددات. كما وأشير إلى مستوى ارتفاع الصوت مقبلاً بالفونز على كل منحنى

يمثل الخط القائم «عتبة السمع المطلق الهامة». وتسمع آذان شابة صحية فقط سب الشدة المختلفة في كل تردد. ومن الواضح تماماً أن جهاز السمع الإنساني قد صمم لاستقبال الترددات الوسطى (1000 - 6000 هرتز) التي لا تحتاج إلى شدة قوية كذلك التي تحتاجها الترددات الدنيا والعليا جداً. وتستخدم هذه المعلومات في خصائص تصميم وسائل وأجهزة السمع وتصنيعها: كأجهزة اختبار السمع، وفي مقارنة عتبة السمع المطلق عند شخص ما بعتبة السمع المطلق بأذن صحية شابة. يمثل الصغر في جهاز قياس السمع مجرد الخط القائم في الشكل (3.17) والذي يخرج مباشرة على الورقة المستخدمة في تبيان الاختبار ويسمى «مخطط السمع اليائى».

تمثل الخطوط الأبهت لوياً منحنيات الفون للجهاز المتساوية. حيث يتمتع خط الفون 20 بجهاز متساوية في كافة الترددات حتى نغمة 1000 هرتز ذات الشدة 20 ديسبل. وكذلك يتمتع خط الفون 70 بجهاز متساوية في كافة الترددات حتى نغمة 1000 هرتز ذات الشدة 70 ديسبل. وفي مستويات الجهاز المنخفضة، هناك اختلاف كبير بين الترددات الواقعة في الوسط، وتلك الواقعة في النهايات القصوى في حجم الشدة المطلوبة حتى نحصل على أحكام تقضي بجهاز متساوية. أما في مستويات الجهاز العالية، فتختفي الاختلافات الكبيرة في الشدة.

وعندما يطلب من مستمعين أن يدلّوا بحكمهم حول الجهاز النسبية ($\frac{1}{5}$ جهاز كذا، ضعف جهاز كذا) في إجراء تدريجي مشابه لذلك المستخدم في الحصول على مدرج الحل في قياس طبقة الصوت، تسمى وحدة قياس الجهاز في هذه الحالة بـ «السون»، حيث يساوي السون الواحد في جهازه جهاز نغمة ترددها 1000 هرتز وشدها 40 ديسبل. ويمكن، من خلال هذا الأسلوب، تأكيد أن الإحساس بالجهاز يتزايد ببطء أكبر من زيادة الشدة الحقيقية.

الصفات النفسية	الصفات الفيزيائية
طبقة الصوت (ميل) مقياس متدرج	التردد (هرتز)
جهاز الصوت (السون) مقياس متدرج	الشدة (ديسبل)
(الفون) مقياس متساوٍ	

سرعة الصوت في الفضاء الخارجي Velocity of Sound Through Space

السرعة هي مجرد السرعة في اتجاه معين. فالضوء ينطلق بسرعة أكبر من سرعة الصوت. لو لديه سرعة أكبر كما نعرفه من تجربتنا مع الصواعق والرعد، حيث يرى الوميض قبل سماع الصاعقة و (الوقت) تبليغ سرعة الصوت في الهواء ضمن شروط جوية عادية، النحو التالي:

344 متراً في الثانية. أو:

1130 قدماً في الثانية. أو:

758 ميلاً في الساعة.

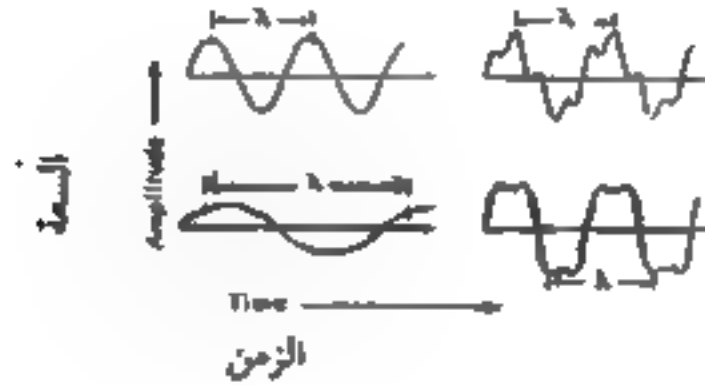
وينطلق الصوت أكبر في السوائل، ويبلغ سرعته القصوى على طول الأشياء القاسية لأن مرونة الوسط الناقل وكثافته تؤثران في سرعة النقل. والسرعة مستقلة عن الضغط طالما أن درجة الحرارة ثابتة. حيث يسافر الصوت الخافت بسرعة الصوت المرتفع نفسها: لكن الصوت الخفيض لن يصل إلى البعد (المهدف) نفسه بسبب قانون التربيع العكسي. (تغير الشدة عكسياً بمربع البعد عن المصدر)، لكنه ينطلق بسرعة الصوت المرتفع نفسه. لكن درجة الحرارة لها تأثير فعال، فسرعة الأصوات في يوم صيفي حار أكبر منها في يوم شتوي متلبد بالغيوم.

يجب عدم الخلط بين سرعة تحرك الجزيء، وسرعة انتشار الموجة. تغير الجزيئات المهتزة في الحركة التوافقية البسيطة سرعتها دائماً، حيث تصل أقصى سرعتها وهي فوق نقطة الاستقرار. لكن سرعة الموجة الصوتية المتحركة في الفضاء - السرعة التي يتحرك فيها اضطراب من بقعة إلى أخرى ثابتة مقارنة. (راجع الشكل 38).

Wave Length

طول الموجة

يساوي طول الموجة الصوتية المسافة الفضائية التي تشغلها دورة كاملة. ويمكن للمرء أن يبدأ القياس من أية نقطة في أية دورة إلى نظيرتها في الدورة اللاحقة. والرمز المستعمل للدلالة على طول الموجة هو الحرف الإغريقي لامدا، (λ). يمثل الشكل (3.18) أطوال موجات لإشارات بثغيات بسيطة ومركبة.



الشكل 3.18: طول الموجة (λ) هي المسافة التي تشغلها دورة كاملة من الذبذبة. يعتمد طول الموجة على عاملين أساسيين. تردد الزبذبة، وسرعة انتشار الموجة الصوتية في الوسط الناقل.

راقب تغيرات طول الموجة بغمس إصبعك في إناء صغير مملوء بالماء. في البداية إغمس إصبعك بتردد منخفض، ثم بتردد مرتفع، لاحظ أن المسافة الفاصلة بين قمم الموجات في التردد المنخفض أكبر منها في التردد الأعلى. تشغل الأصوات ذات الترددات المرتفعة مساحة أقل أثناء دورتها، وطول موجة أقصر من تلك التي تحتلها الأصوات ذات الترددات المنخفضة.

ويتعلق العامل الهام الآخر بالوسط الناقل. فقد رأينا أن الموجات الصوتية تنتشر في الوسط لصلب بسرعة أكبر من انتشارها في السوائل، وتنتشر في السوائل بسرعة أكبر من انتشارها في الغازات. وإن اعتبرنا أن طول الموجة (λ) يساوي السرعة الثابتة (C) مقسمة على التردد (F)، فيمكننا، عندئذ الحصول على الصيغة الآتية.

$$\text{طول الموجة} = \text{السرعة} / \text{التردد} \quad \lambda = c / f$$

فعلني سبيل المثال، سينشأ صوت ذو تردد محدد على طول موجة في الماء أطول منه في الهواء .

تخيل طول الموجة في بعض الأصوات الكلامية المألوفة. قل (أه) ببطء صوت مريح نسبياً. فلو كنت امرأة، فسيكون التردد الأساسي لذلك الصوت المركب حوالي 200 هرتز أما إن كنت رجلاً، فسيكون التردد الأساسي حوالي 100 هرتز. وسيلغ طول الموجة في صوت الرجل حوالي ثلاثة أمتار، بينما سيكون طول الموجة عند المرأة في هذا المثال، حوالي مترين تقريباً. يزيد كل متر حوالي ثلاثة إنشات عن الباردة.

طول الموجة = السرعة / التردد.

$$\text{طول الموجة} = 344 \text{ متراً في الثانية} = 175 \text{ متراً تقريباً لو } 61 \text{ إنشاً (5' 7")}$$

200 هرتز

$$\text{طول الموجة} = 344 \text{ متراً في الثانية} = 3.4 \text{ متراً أو } 11' 3''$$

100 هرتز

وعندما نقول «شه» كي تسكت شخصاً ما، فستكون الذبذبات ذات القدرة العالية قريبة من 2500 هرتز، من ثم، سيصبح طول الموجة قصيراً. إذ يبلغ حوالي أربعة عشر سنتيمتراً (بين 5 و 7 إنشات).

$$\text{طول الموجة} = 34,000 \text{ سنتيمتراً في الثانية} = 14 \text{ سنتيمتراً}$$

2500 هرتز

تكون الأصوات ذات الترددات العالية، وأطوال الموجات القصيرة، محددة الاتجاه على نحو أكبر من الأصوات ذات الترددات المنخفضة. وتشع أطوال الموجات الأطول على نحو أكبر وتصل إلى الزوايا على نحو أسهل.

ويوضح لنا هذا مبحث إصدار الخفافيش مثل تلك الأصوات ذات الترددات العالية جداً (فوق صوتيه). فالخفاش مهتم بالتقاط الحشرات الطائرة الصغيرة، حيث يرتد صوته عن أي جسم يقع في طريقه تبلغ كثافته أكبر من كثافة الأجسام المجاورة وهذه الطريقة، يستطيع الخفاش تحديد فريسته قبل الانقضاض عليها. والإشارة ذات الطول القصير ودرجة الإشعاع القليل هي وحدها التي يمكنها تحديد هدف صغير بهذه الطريقة. تستطيع الخفافيش، حتى لو كانت عمياء، أن تحلل الصوت المعكوس من أجل الحصول على معلومات حول حجم الطهام أو العوائق وبعداها.

وتوضح لنا تغيرات أطوال الموجات أيضاً مبحث إمكانية سماعنا، في غالب الأحيان، الأصوات في غرفة مجاورة بوضوح، وعجزنا عن فهم ماذا نقول ببطوي الكلام على مركبات الترددات العليا والترددات الدنيا. حيث تنعطف الأصوات ذات الترددات المنخفضة وأطوال الموجات الطويلة حول الحدار وتدخل من الباب، بينما تضعف مركبات الترددات من الصوت كثيراً، لأنها تمتلك أطوال موجات أقصر ومحدودة الاتجاه على نحو أكبر وتشتت بنسبة أقل. وبما أننا من حيث أننا مستمعون، لا نشقى سوى جزء من الإشارة فلا يمكننا فهم ماذا قيل.

Resonance

الرنين

إن كنت قد دفعت طملاً في أرجوحة، فإليك تعرف جيداً أنه يجب عليك توليت كل دفعة كي تتوافق مع حركة الأرجوحة التوافقية. فلو ركضت ودفعت الأرجوحة في نقطة قريبة من منتصف خط عودتها إليك، بدلاً من أن تنتظرها حتى تصل إلى مسافتها القصوى في رحلتها، فإنك سوف تقصر قوسها كما يمكن أن تصدمك وتطرحك أرضاً. يسمى التردد الذي تكمل فيه الأرجوحة دورة في ثانية واحدة بـ التردد الرنيني الطبيعي للأرجوحة. وهذا التردد مستقل تماماً عن السعة. إدفع طملاً بقوة أقل، وبعدها بقوة أكبر، فسترى أن سعة القوس سوف تتغير لكن تردده سيبقى ثابتاً. ماذا سيحدث، يا ترى، لو انقطع الحبل، وأزيلت قطعة من الحبل الضعيف من كل طرف؟ ومن ثم أصبحت الأرجوحة أقصر. هل سيبقى التردد الرنيني الطبيعي للأرجوحة ذات الحبل الأقصر على ما هو عليه كما كان في الأرجوحة ذات الحبل الأطول. إننا نعرف من خلال

التحارب السابقة أن هذه الأرجوحة الجذلية سوف تتمتع بتردد طبيعي أكبر (دورات أكثر في الثانية) من تردد الأرجوحة السابقة. وعلى الجملة، تهتز الأشياء الصغيرة بترددات أكبر منها في النسخ الأكبر من الشيء نفسه.

يملك كل شيء يهتز تردداً طبيعياً، أو في العديد من الحالات، يكون التردد الطبيعي هو تردد الذبذبة عندما تترك كي تتذبذب على نحو حر (الذبذبة الحرة). يمكن إلصاق آلة بالأرجوحة يحملها على الذبذبة بأي تردد (ذبذبة قسرية)؛ لكنه حتى ضمن هذه الشروط، فإن الأرجوحة سوف تهتز بسعة أعظم عندما تُضطر إلى الاهتزاز بتردد يساوي ترددها الرنيني الطبيعي فحسب. يعتمد رنين الذبذبة على سماته الفيزيائية. كما نعرف ذلك من تصميم الشوكات المرنانة.

كل شيء يهتز من ثم يمكنه أن يرن على نحو مسموع أو غير مسموع، والمرنان هو شيء يتحرك أو يتذبذب بفعل ذبذبة أو عمل ذبذبة أخرى. لا تبدأ المرنانة القوة الصوتية، فالصوت يحدث في مكان آخر، والمرنان يتذبذب متعاطفاً معه إن كان الصوت من المصدر له ترددات المرنان الرنينية نفسها أو ما هو قريب منها.

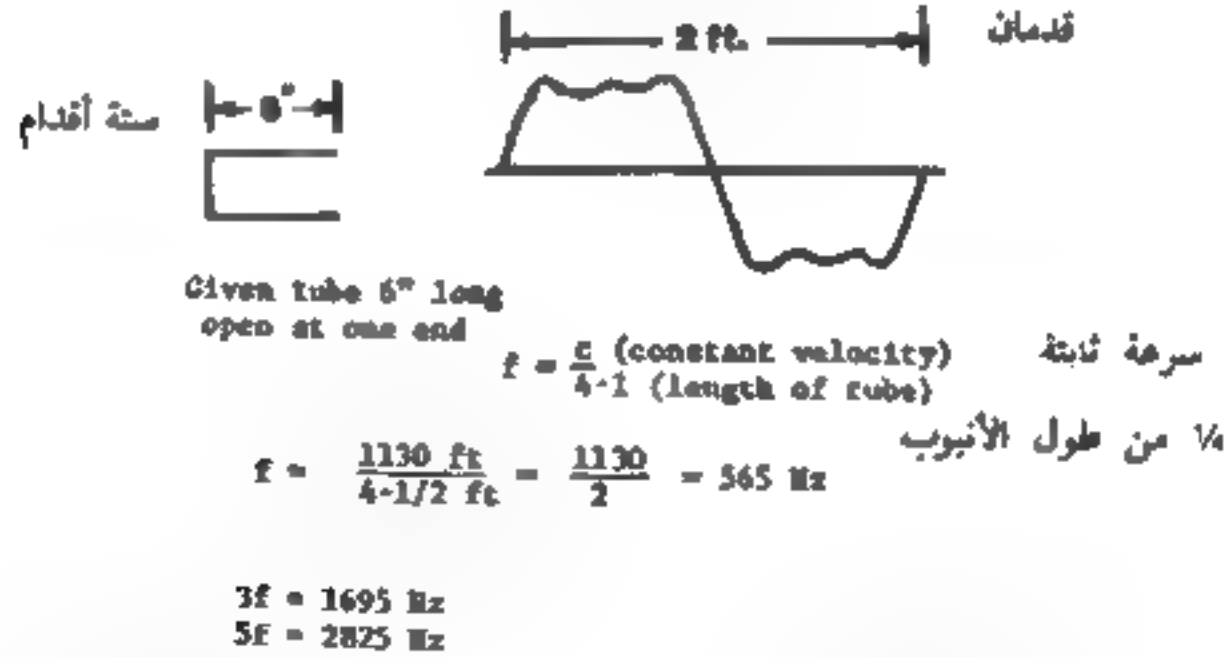
إنزع خافت الصوت عن وتر في البيانو من خلال الضغط برفق على المفتاح على نحو ينعدم معه الصوت، ثم غنّ، بصوت عالٍ، العلاقة الموسيقية المناظرة للمفتاح المضغوط، بهذه الطريقة سوف تنعّد عملياً ريباً متعاطفاً معك عندما يتذبذب الوتر استجابة لغنائك. وما وتر البيانو، والشوكة المرنانة، والأرجوحة إلا أمثلة لمرنانات آلية. أما المرنان الصوتي (السمعي) فهو شيء يحتوي على الهواء. سيرن جسم من الهواء استجابة لصوت يحتوي على ترددات مساوية للترددات الرنينية الطبيعية لحجم الهواء. ويمكننا فهم هذا المبدأ من خلال التفكير حول تصميم الأجهزة الموسيقية وإشائها. حيث لا يكفي ربط عدة أوتار بقاعدة ما للحصول على صفة الصوت المرتبطة بالكدمات أو الكمنجة أو العيتار. وعلى الرغم من أن القدرة اللازمة للصوت تأتي من خلال قوس الكمان، وأن مصدر الأصوات يكمن في ذبذبة الأوتار لكنّ الصناديق المليئة بالهواء وراء الأوتار تعمل على جعل بعض الترددات المحددة ترن وهي نفسها تجعل الآلة الموسيقية مميزة عن غيرها. وطبيعي أن حجماً صغيراً من الهواء سوف يهتز بترددات أعلى من تلك التي يهتز فيها حجم هوائي أكبر.

لاحظ أنه عندما تضيق مهارة إلى قارورة أن ترددات الصوت تتزايد عندما يقل حجم الهواء. ولو سلوينا بين تردد حجم الهواء في أعلى للقارورة وتردد شوكة مرناة من خلال إصافة للماء حتى يتناظرا تماماً، لأمكن بعد ذلك إمالة القارورة وتغير بذلك شكل الهواء داخل القارورة، لكن الهواء سيستمر في الرنين استجابة للشوكة المرناة. إن شكل فجوة الهواء ليس مهماً كاهمية حجم الهواء.

وهناك مرناي صوتي يتصل بالكلام لأنه مشابه لرتين المجري الصوتي والقناة الأدبية وهو أنبوب مملوء بالهواء مفتوح من أحد طرفيه ومغلق من الطرف الآخر. يهتز الهواء داخل الأنبوب بترددات معينة، ويعتمد ذلك على طول الأنبوب، يبلغ طول موجة الرنين الأساسي في مثل هذا الأنبوب أربعة أضعاف طول الأنبوب. ويمكن صياغة النقطة على نحو آخر: لا يمكن مرور سوى ربع الموجة في أي مرور بمفرده، إلى داخل الأنبوب. يقارن الشكل (3.19) طول المرناي بشكل موجة الترددات الرنانة. تهتز مرنانات ربع الموجة بحسب مضاعفات فردية من التردد الأساسي بسبب انغلاق الطرف الثاني. سنناقش هذه المرنانات على نحو أوسع في الفصول اللاحقة.

1/4 WAVE RESONATOR

مرنان ربع - موجي



الشكل 3.19: سير أنبوب مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الآخر بترددات تساوي مضاعفات تردده الرنيني الأساسي. يساوي طول موجة التردد الرنيني الأدنى أربع مرات طول الأنبوب.

تستمر المرنانات المولفة على نحو دقيق - تلك التي تهتز على حزمة أو نطاق ترددي ضيق - لمدة أطول ويتخلفت أقل من المرنانات المولفة على الاهتزاز على أنطقة أوسع، والتي تهتز للعديد من الترددات، لكنها تنشأ وتنتهي أو تتلاشى بسرعة - فهي سبيل المثال: تهتز شوكة مرناة أو آلة موسيقية مولفة على نطاق ضيق لفترة أطول من اهتزاز يذب عندما تفرعه.

الصوتيات السمعية والكلام Acoustics and speech

سؤدي هذا الفصل وظيفة القاعدة الأساسية للكثير مما سيأتي في هذا الكتاب. تمثل أصجوبة الكلام في الطريقة التي تصدر فيها الحبال الصوتية والمجرى الصوتي الأصوات المميزة، وكيف تنوع وتركب واحداً تلو الآخر كي تعمل بوصفها رمراً من أجل التخاطب والاتصال. وسنوضح الطريقة العامة التي يصدر فيها الإنسان هذه الأصوات الهامة في الفصل الآتي.

مراجع الفصل الثالث

Textbook Treatments of Acoustics:

- Berke, A. H. *Horns, Strings, and Harmony*. Anchor Books, Garden City, N. Y. Doubleday, 1960.
- Doess, P. and Pappen, E. *The Speech Chain*. New York: Doubleday, 1973.
- Ladefoged, P. *Elements of Acoustic Phonetics*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- Pierce, J. R., and David, E. L., Jr. *Man's World of Sound*. Garden City, N. Y. Doubleday, 1959.
- Rephens, R. W. B., and Betz, A. E. *Acoustics and Vibrational Physics*. New York: St. Martin's Press, 1989.
- Van Rensselaer, W. A. Pierce, J. R., and David E. L., Jr. *Waves and the Ear*. Anchor Books, Garden City, N. Y. Doubleday, 1969.

Wood, A. *Acoustics*. New York: Dover Publications, 1966.

Classic References:

- Fletcher, H. and Munson, W. A. Loudness, Its Definition, Measurement, and Calculation. *J. Acoust. Soc. Am.* V. 1933, 172-189.
- Fourier, J. B. J. *Theorie Analytique de la Chaleur*. Paris: F. Didot, 1822.
- Rayleigh, J. W. S. *Theory of Sound*. New York: Dover Publications, 1968. First published by Macmillan in 1894.
- Stevens, H. S., Volkman, J., and Newman, E. B. A Scale for the Measurement of the Psychological Magnitude Pitch. *J. Acoust. Soc. Am.* 6, 1937, 123-134.

الفصل الرابع

إصدار الكلام

إعتني أنت بالحواس - وستعتني الأصوات بنفسها. «الدوقة» في «مغامرات أليس في أرض الأعاجيب».

الفصل التاسع، لويس كارول (تشارلز لوتويج دوجون)

Chap.IX. by Lewis Carrol (Charles Lutwidge Dodgson)

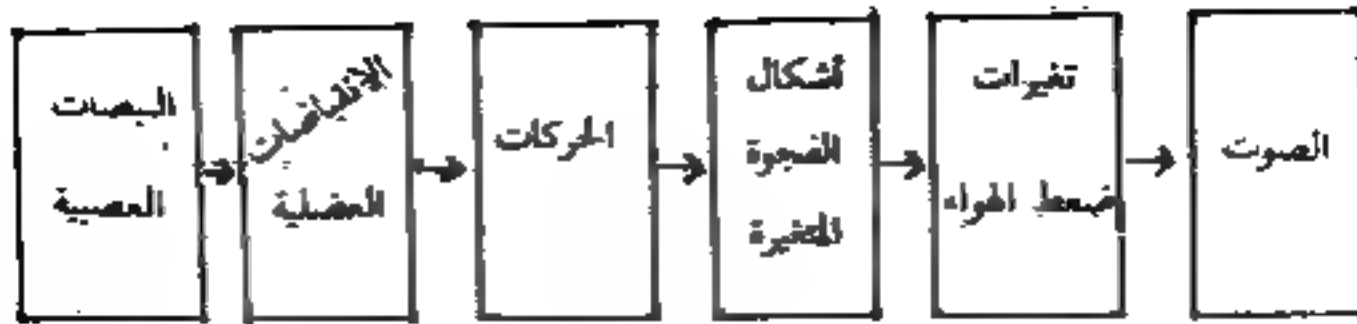
إن نصيحة الدوقة لـ «أليس»، «Alice» متينة الأساس. ففي الحالات العادية، يكون المتكلم مدركاً وواعياً لمعنى رسالته وكذلك في بحثه عن الكلمات المناسبة للتعبير عن قصده، وربما كان واعياً تماماً لأحاسيسه بشأن المستمع أيضاً. ولا يكون غالباً مدركاً عمليات إصدار الكلام إلا في ظروف متغيرة وحديثة، كمحاولة ترديد كلمات جديدة أو التكلم بجهاز سني جديد في فمه. ويدهش طلاب الصوتيات المبتدئون لعدم قدرتهم على وصف ما يفعلون عندما يصدرن بعض الأصوات الخاصة. إن قدرة بعض المتكلمين المهرة على إصدار مثل ذلك الجدول السمي السريع والمركب دونما كلل تخدع بعض الطلبة حيث تقومهم للاعتقاد بأنه يجب أن تكون دراسة الصوتيات سهلة أيضاً. فإن كان الكلام سهلاً بهذه الدرجة أفلا يجب أن تكون دراسة الكلام سهلة أيضاً؟

على قدر ما ننظر بعين متفحصة إلى القسم الأعلى من الجهاز العصبي تصح معرفتنا محدودة. إننا نعرف قطعاً كبيراً من المعلومات حول إصدار الكلام من الأصوات التي تخرج من فم المتكلم، وتحليلها السمي. وإننا نعرف بعض الشيء عن حركات بعض أجزاء جسم المتكلم. وتتعلم الآن بعض الشيء حول النشاط العصبي

لمرافق لبعض الحركات. ويمكننا أن نستخرج من المعلومات حول النشاط العصلي شيئاً ما حول النبض العصبي الذي يسبب تحرك العضلات. لكن معرفتنا بشأن تنظيم هذه النبضات وتنسيقها في التماخ مخلودة. وتصبح معرفتنا أقل عندما نترتب من كيفية اشتقاق هذه الأنماط العصبية من المعرفة اللغوية المخزنة ومن العكر في نهاية المطاف.

لن نحاول استكشاف الممالك الغامضة لعملية اتخاذ القرار، وماهية المفهوم، والذاكرة، ولا حتى الاختيارات اللغوية العديدة التي تتخذ إما اختيارياً أو إرادياً أو عن طريق العادة عندما يجهز المتكلم نفسه لقول شيء ما. وتضم هذه الخيارات: خيارات حول المعنى، والتركيب، والنظام الصوتي. فعلى الرغم من أننا نوقف أنفسنا عند مناقشة الفعل الكلامي معزولين عن مصدره اللغوي، لدينا العديد من موضوعات النقاش: المظاهر العصبية - الفيزيولوجية لإصدار الكلام، وهرباء التنفس أثناء الكلام، و «ديناميكية» النطق، وعلق الأصوات الكلامية، ورنين المجري الصوتي، وآلية التغذية الإرجاعية المستخدمة في مراقبة الكلام وبعض النظريات المتعلقة بآلية إصدار الكلام. وسيكون التركيز في كافة أقسام هذا الفصل على «فيزيولوجيا» و «ديناميكات» إصدار الكلام. وسيبقى القسم الخاص بالتشريح في أدنى مستوى له. سنذكر أهم الأعصاب والعضلات، والمضاريف والمظام المستخدمة في إصدار الكلام فحسب.

إن الهدف من إصدار الكلام هو صبح تراكيب صوتية معنوية محددة وللوصول إلى الهدف، يستعمل المتكلم الهواء في إصدار أصوات مختلفة (أربعين صوتاً مختلفاً في الإنجليزية) ثفير وتحوّر أكثر عندما تصدر في سياق أحدها مع الآخر. تصدر الأصوات من خلال تنظيم تيار الهواء وهو يمرّ من الرئتين إلى الفضاء الخارجي. ويقوم بهذا التنظيم حركات الفك، والشفيتين، واللسان، والحنك الرخو، والبلعوم، والأوتار الصوتية التي تمرّ بمجموعة أو منفردة شكل المجري الصوتي. والحركات، أساساً، هي نتيجة الانقباضات العضلية التي هي نفسها نتيجة النبضات العصبية، وطبيعي أن العملية كاملة يسيطر عليها الجهاز العصبي. يرى الشكل (4.1) تسلسل النشاط الحركي في مراحل الكلام المتعددة.



الشكل 4.1: منظومة الحوادث المؤدية لإصدار الأصوات الكلامية.

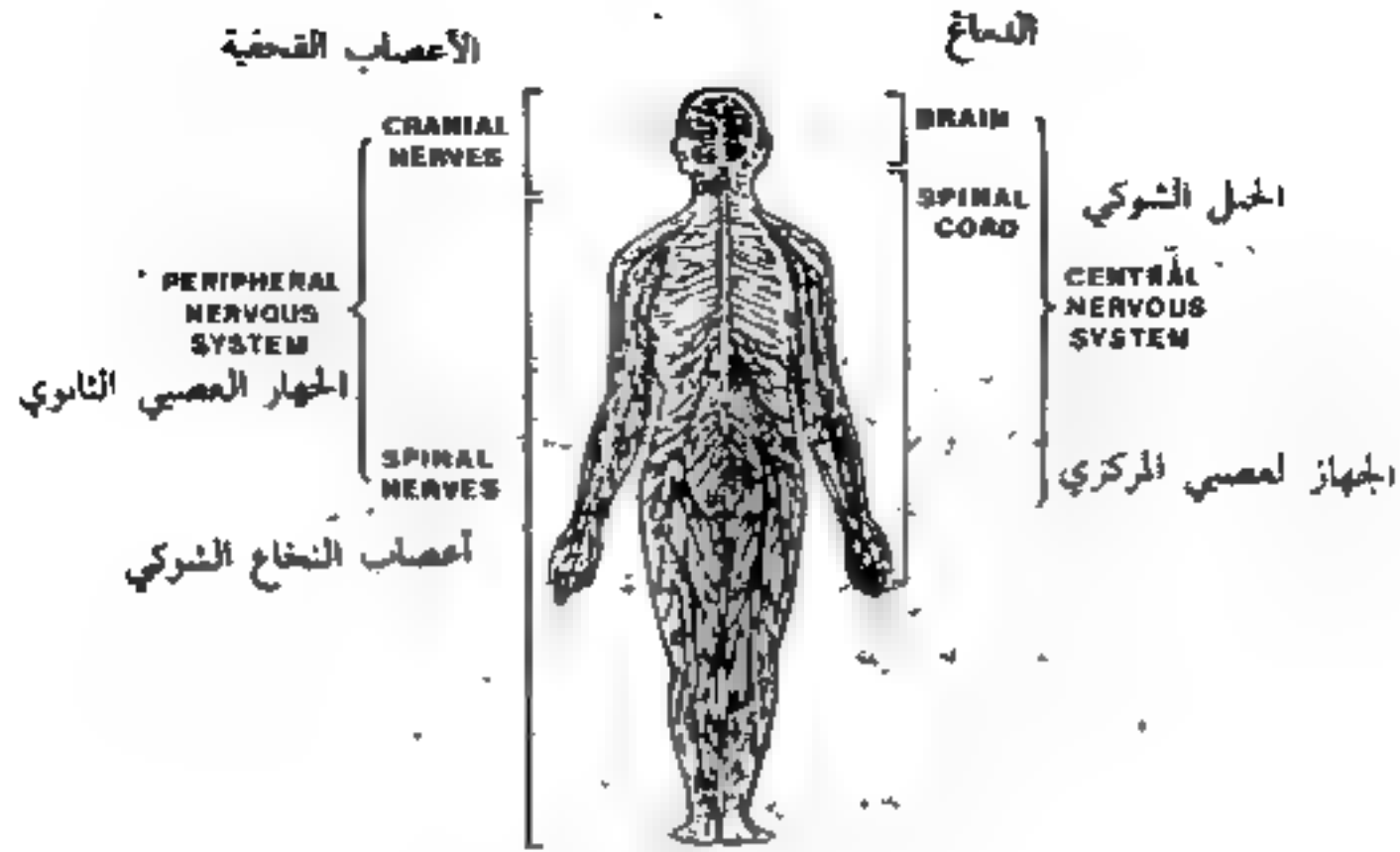
Neuro Physiology of Speech

أسس الكلام العصبية

يبقى الدماغ والألياف العصبية الممتدة منه في نشاط دائم. وتستمر النبضات العصبية في الإطلاق خلال النظام العصبي ما دامت هناك حياة. وعلى عكس الحاسوب، يبقى الدماغ مشغلاً، وعندما يتلقى الدماغ إشارة، كالإشارة الصوتية مثلاً، يتضاعف نشاط بعض المناطق على نحو حاد. وهناك نشاط متزايد أيضاً عندما يتصور الإنسان نفسه لفعل شيء ما. يتألف الجهاز العصبي من شبكة خلايا متخصصة تسمى كل منها «العصبون». وتقوي شبكة العصبونات هذه شبكة من خلايا أخرى تقوم بحماية الأولى وتغذيها. وتغذي هذه الأخيرة بكمية وهيرة من تدفق الدم.

يمكن تقسيم الجهاز العصبي على:

- (أ) الجهاز العصبي المركزي (CNS) وهو مؤلف من الدماغ، والنخاع الشوكي.
- (ب) الجهاز العصبي الثانوي (PNS) ويتألف هذا الأخير من الأعصاب المنبثقة من قاعدة الدماغ (الأعصاب القحفية) التي تخدم منطقة الرأس وأخرى نشق من النخاع الشوكي (أعصاب النخاع الشوكي) التي تخدم بقية الجسم انظر الشكل (42).



الشكل 42: تقسيمات الجهاز العصبي.

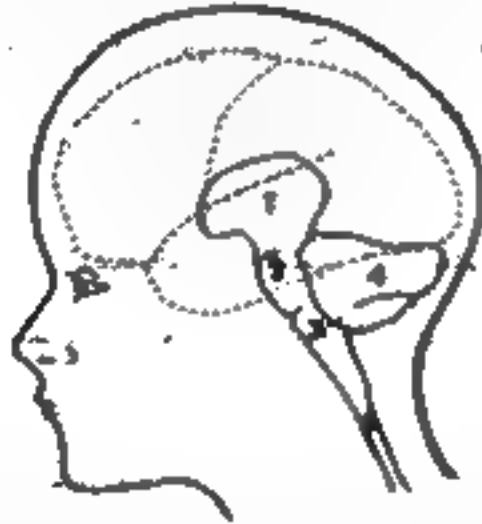
فبعض الأعصاب حركية (عصبونات صادرة efferent) تقوم بتقل النبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى أجزاء الجسم الثانوية. وبعض العصبونات الأخرى حسية (عصبونات واردة) وتقوم بنقل المعلومات من أجزاء الجسم الثانوية إلى الجهاز العصبي المركزي. فعلى سبيل المثال، عندما يقرر المرء إغلاق شفتيه، تقوم العصبونات الصادرة بنقل النبضات العصبية إلى عضلات الشفتين اللتين تنقبضان أيضاً. وعندما تنغلق الشفتان، تثار مستقبلات الإحساس القريبة من سطح الجلد وتقوم بنقل المعلومات الحسية، بأن الشفتين قد انغلقتا، إلى الدماغ عن طريق العصبونات الواردة. إن مسارات الخيوط العصبية في النخاع الشوكي والجسم بتمامه حطية الاتجاه، ولذلك يمكن تصنيفها إما واردة وإما صادرة. لكن الخيوط العصبية، التي تتألف منها مراكز الدماغ العليا نفسها، متشابكة في شبكة متراصة ثلاثية الأبعاد، ولا يمكن تصنيفها بسهولة بوصفها «واردة» أو «صادرة». وأفضل شيء يمكن فعله بشأن التزويد العصبي الثانوي هو تركه لمناقشة لاحقة بما في ذلك العضلات وأجهزة

التحسس المستقبلية التي تقوم بخلعتها. لكنه يجب ذكر فاعلية الجهاز العصبي المركزي في إصدار الكلام أولاً لأن الدماغ هو الذي يبدأ وسيطر على كافة الحوادث التي تحصل أثناء الكلام.

The Brain

الدماغ

يتألف الدماغ من جذع الدماغ المركزي الواقع في قمة النخاع الشوكي، والمخيخ الذي يقع خلفه (خلف جذع الدماغ المركزي) ونصفي كرة المخ، اللتين تحيطان جزئياً بجذع المخ، في الأعلى. يضم جذع الدماغ الأعلى المهاد البصري، والكتل العصبية القاعدية، بينما يضم جذع النخاع السفلي بروز المادة البيضاء المحذب والنخاع المستطيل. ويضيق النخاع المستطيل عند اتصاله بالحبل الشوكي. يظهر الشكل (3.4) منظرًا جانبيًا لأحد نصفي الدماغ، ويبدو فيه موقع جذع الدماغ تحت فطاء المخيخ. يزن الدماغ الإنساني حوالي كيلوغرام ونصف الكيلوغرام أو حوالي ثلاثة «باوندات» تسمى قشرة الدماغ باللدحاء وتتألف من بلايين من أجسام الخلايا التي تؤلف خلايا الحيوط العصبية المنفردة. سنركز اهتمامنا الآن على وظيفة الخلايا العصبية العامة أو العصبون.

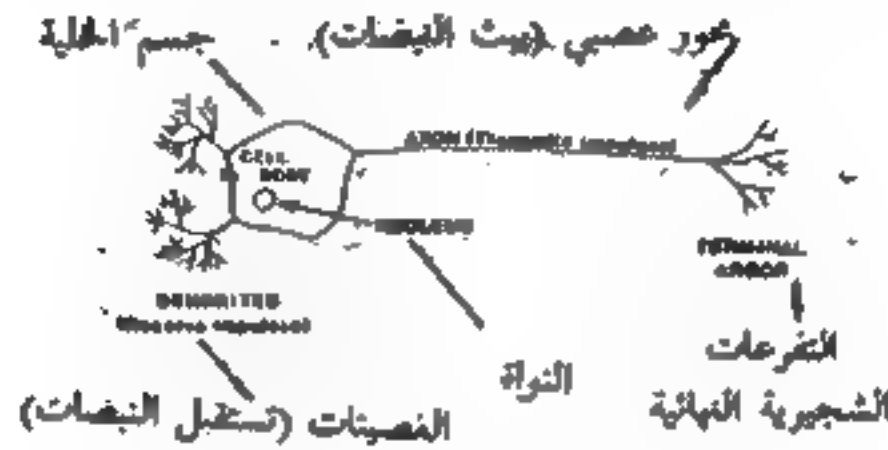


الشكل 3.4. منظر جانبي للدماغ. يظهر نصفاً كرة المخ ضمن المناطق المنقطعة التي تقع فوق جذع الدماغ (1). فتوء المادة البيضاء المحذب (جسر) (2)، المخيخ (4)، النخاع المستطيل (3)، تظهر (5) كيف يضيق النخاع المستطيل لدى اتصاله بالحبل الشوكي.

The Neuron

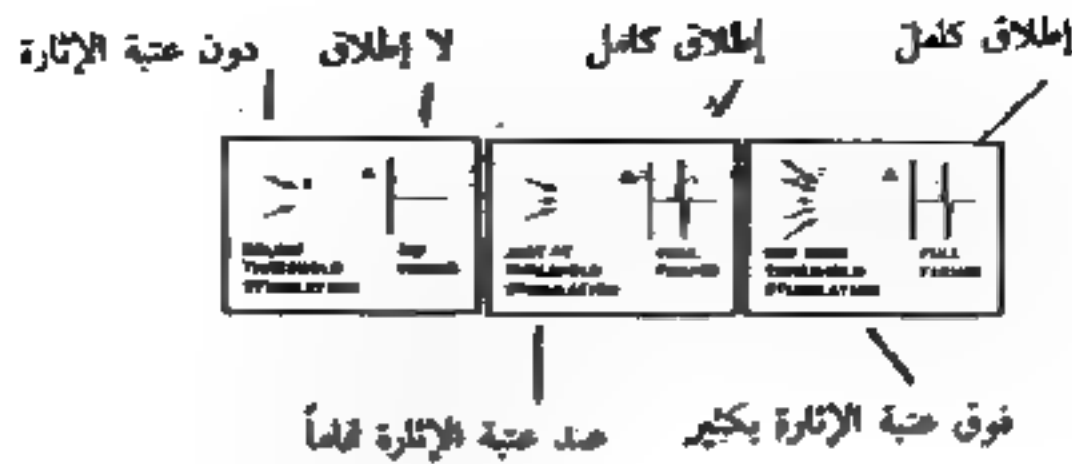
العصبون

تتحد العصبونات أشكالاً وأطوالاً مختلفة، لكنها تتألف دائماً من خلية تسمى جسم العصبون وامتدادات تستقبل وترسل النبضات العصبية؛ ويوجه كل عصبون حياته والبيولوجية بنفسه: ويقوم - عند الإثارة المناسبة بتوليد نشاطه الكهربائي بنفسه. يمثل الشكل (4.4) أحد نماذج العصبونات.



الشكل 4.4: عصبون مستقل. تستقبل النبضات العصبية من اليسار إلى اليمين.

يقترّب النشاط العصبي من خلية جسم العصبون من خلال الفصينات العصبية، وتعاود النبضات خلية جسم العصبون عن طريق المحور العصبي. ويعمل الجهاز العصبي على مبدأ الإطلاق الكامل للنبضات العصبية أو عدم الإطلاق مطلقاً. ولكي يتم نقل النبضة العصبية على طول المحور يجب إثارة الجُزء الأول من المحور الواقع خلف جسم العصبون مباشرة إلى عتبة الهيجان. وإن لم يبلغ حد الإثارة في العصبون تلك العتبة، فإن المحور لن يسمح مطلقاً. وإن وصلت الإثارة إلى حد الهيجان، فإن المحور العصبي سوف يطلق بقدرة الكاملة بغض النظر عن قوة المؤثر. (أنظر الشكل 4.5). يمكن لمجموعة قوية من النبضات الواصلة إلى خلية جسم العصبون أن تصاعف تردد النبضات، لكنه لا يمكنها زيادة سعة كل نبضة مستقلة. ترمز الشدة داخل النظام العصبي من خلال التردد.



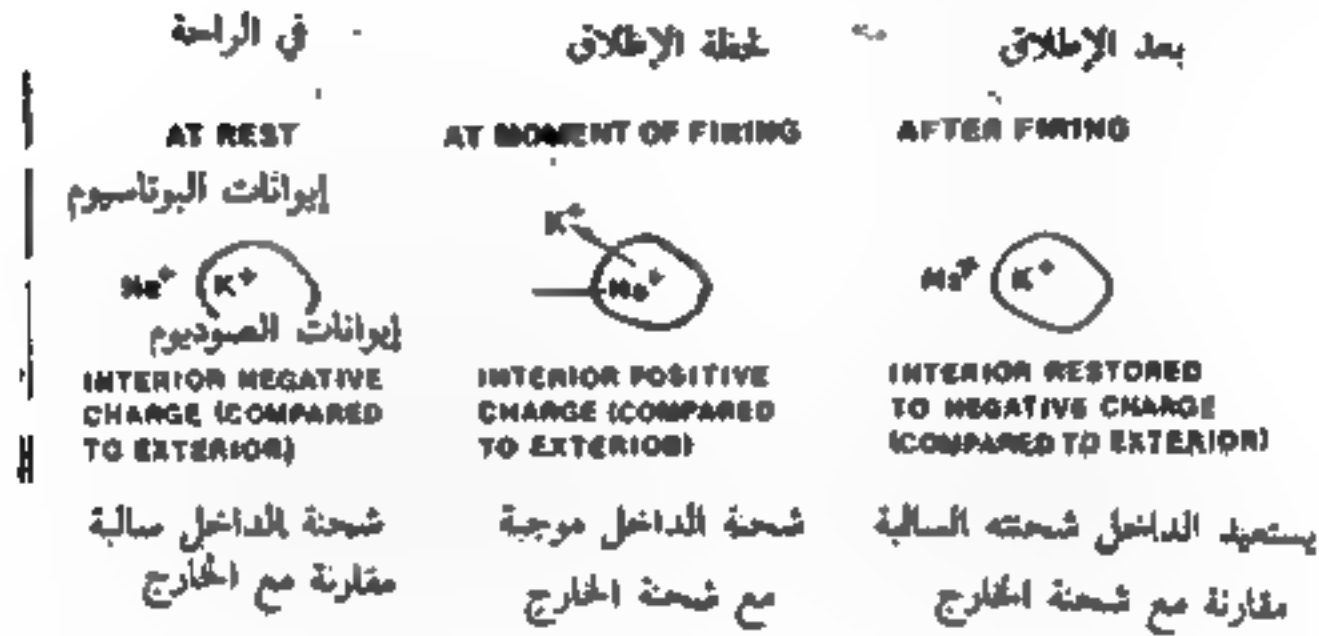
الشكل 4.5: الكل أو اللاتشي. تظهر للوحات الثلاث إثارة عصب دون عتبة الإثارة، وعند عتبة الإثارة، وفوق عتبة الإثارة. فلو أطلق العصبون، فإنه سيطلق بسعة ثابتة (A).

ماذا يحدث عملياً عندما يطلق العصبون؟ تنقل الإثارة أو الهيجان عن طريق المحور العصبي الخارج من جسم خلية العصبون. إن التغير الحاسم الذي يحدث عند نقطة الهيجان هو مضاعفة نفاذية الغشاء الذي يلف المحور أو الخيط العصبي. تحدث زيادة مؤقتة في نفاذية الغشاء عند نقطة الهيجان تسمح بتبادل الأيونات مما يؤدي إلى منع استقطاب الخيط العصبي للحظة قصيرة جداً.

نخيل مقطعاً عرضياً في محور عصبي. على جوف الخيط العصبي مادة هلامية غنية بإيونات البوتاسيوم (K^+). أما خارج الغشاء، الذي يلف المحور عملياً، فهو سائل شبيه بماء البحر وغني بإيونات الصوديوم (Na^+). تؤدي طبيعة الغشاء نفسه وبعض العمليات الاستقلابية المركبة إلى طرد معظم إيونات الصوديوم عن المحور العصبي. لكن إيونات البوتاسيوم حرة في اجتياز الغشاء.

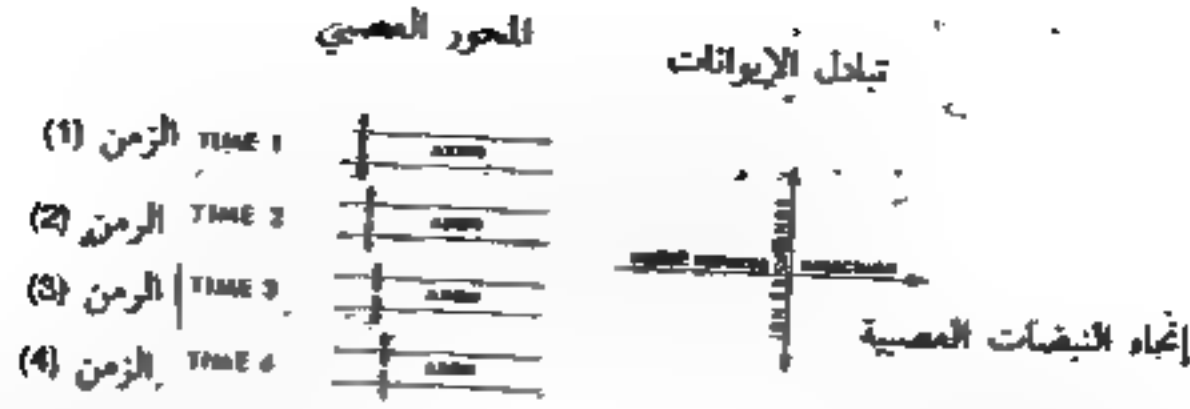
وفي حال الراحة - يكون جوف الخيط العصبي سلباً بقدره تتراوح من 50 - 60 ملي فولط ($1/1000$ فولط) بالنسبة إلى الشحنة الكهربائية خارج العصبون.

وعندما تبلغ الإثارة عتبة الإطلاق في ذلك العصبون، يصبح الغشاء المحيط بالمحور العصبي أكثر نفاذية ساعماً بدخول أيونات الصوديوم (Na^+)، عندئذٍ تبدأ أيونات البوتاسيوم (K^+) بمغادرة العصبون، وفي تلك اللحظة، حوالي 0.5/1000 ثانية، تصبح شحنة جوف المحور العصبي أكثر إيجابية من شحنة الخارج بقدره تتراوح ما بين 30 إلى 50 ملي فولت. وبعد لحظة الإطلاق مباشرة، يستعيد العصبون تركيبه الكيميائي الذي كان في فترة الراحة حتى تصل إثارة أخرى على طول المحور العصبي، يمثل الشكل (4.6) مخططاً بيانياً لهذا الحدث الكهركيميائي.



الشكل 4.6: الأحداث الكهركيميائية في غشاء الخلية قبل إطلاق الخلية العصبية وأثناءه وبعده.

تؤدي إزالة الاستقطاب في نقطة ما على طول المحور إلى إثارة النقطة التي تليها مباشرة وإلى التي تلي الأولى أيضاً. وبمجرد إطلاق العصبون فإنه يثار ذاتياً. ومن المفيد أن نلاحظ أنه على الرغم من أن النبضات العصبية تنتقل على طول الحيط العصبي بشكل طولاني، لكن الحركة الحقيقية لهذه الحسيمات هي على عرض الغشاء، ومن ثم فهي حركة عمودية مع الحيط العصبي. انظر الشكل (4.7).

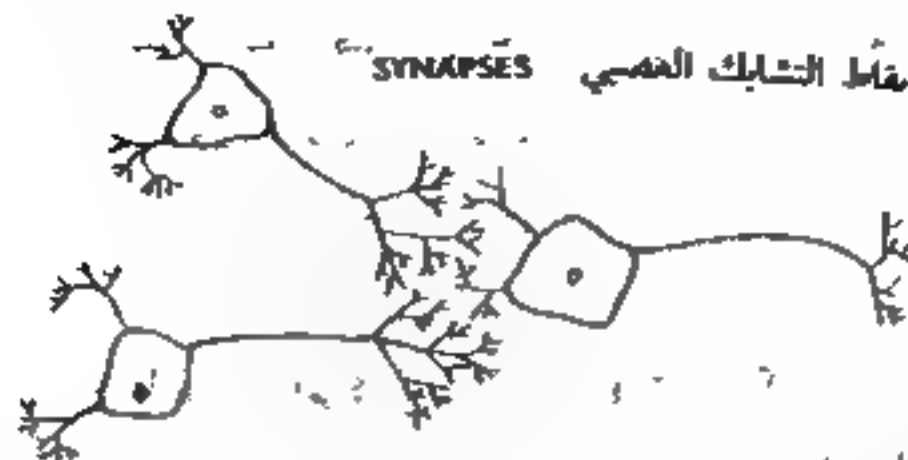


الشكل 4.7: نقل نبضة على طول المحور العصبي. تظهر الجهة اليسرى تبادل الأيونات في لحظات الزمن المتتالية. ينتقل النبض العصبي في اتجاه عمودي مع اتجاه تبادل الأيونات كما هو واضح في الجهة اليمنى من الشكل.

تعتمد السرعة التي تنتقل فيها كل نبضة عصبية على طول الحيط العصبي على مقطعه العرضي وعلى مادة «النخاعين» التي تحيط به. تبلغ سرعة النقل في الثدييات حوالي ست مرات عرض العصبون. فعلى سبيل المثال، ينقل عصبون صغير مقطعه العرضي 20 ميكرون، وهو أكبر عصبون في جسم الإنسان، نبضاً عصبياً بسرعة 120 متراً في الثانية. وعامل آخر يسبب زيادة نسبة النقل النعشي هو وجود مادة النخاعين التي تلف معظم الحيط العصبي في الإنسان. ويُفسر مظهرها الأبيض الدهني تسمية بعض أقسام الجهاز العصبي بـ «المادة البيضاء». تلتف النخاعين كل محور عصبي على نحو متقطع ومتوازٍ مسبقاً ترك فواصل مكشوفة من المحور العصبي. وتنفذ النبضات العصبية من فاصل مجرّد مكشوف إلى آخر بسرعة فائقة. وبالمقارنة، فإن خلايا الأجسام غير مكشوفة بغمد النخاعين، ولذلك تسمى بالمادة السنجابية.

يتم النقل من عصبون إلى آخر بواسطة إطلاق المركبات الكيميائية عند نقاط التشابك العصبي، وهو المكان الذي يحدث فيه محور عصبي لعصبون ما بعصبين عصبون آخر. وتقوم المركبات الكيميائية بوظيفة الجسر الذي يغطي الفواصل الصغيرة

بين الخيوط العصبية. وهناك مائة بليون من نقاط التشابك العصبي في الدماغ البشري تقريباً. أنظر الشكل (4.8).



الشكل 4.8: مخطط ياتي لثلاث عصبونات، تشابكه الإثنان في اليسار مع الثالثة في اليمين. ينتقل النبض العصبي من اليسار إلى اليمين.

تسهل بعض المركبات الكيميائية عملية الإطلاق في الخلية التالية، بينما تقوم المركبات الكيميائية الأخرى بمنع الإطلاق في الخلايا التالية لها. يمكن لعدة عصبونات أن تتدخل في إثارة عصبون آخر. كما يمكن لعصبون مستقل أن يثير عدة عصبونات أخرى في الوقت نفسه. تنفق هذه الترتيبات في التقاء العصبونات وتباعدتها مع تفورات كيميائية يمكنها أن تمنع أو تسهل عملية البث العصبي عبر نقاط التشابك العصبي، مما يفسر المرونة الكبيرة في الجهاز العصبي. ويمكن تأسيس أنماط ثلاثية الأبعاد مختلفة لا حصر لها من شبكات الخيوط العصبية في كل من الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الثانوي.

تسمى عصبية من العصبونات بـ «العصب». يطلق كُـل عصبون على نحو مستقل عن الآخر. لكن العصب يقوم عادة بخدمة منطقة معينة من الجسم. فعلى سبيل المثال، يقوم العصب السمعي المؤلف من حوالي 30,000 خيط عصبي، معظمها حسية، بنقل المعلومات من الأذن الداخلية إلى الدماغ.

إن تردد الإطلاق العصبي محدود لأنه يجب أن يستعيد كل محور عصبي تركيبه الكيميائي في حالة الاستقرار قبل كل إطلاق قبل أن يستطيع الإطلاق مرة أخرى. ويمكن لبعض المصبونات أن تطلق حوالي 200 مرة في الثانية. وتصل هذه السرعة في بعض الخلايا العصبية المتخصصة على نحو عالٍ إلى أكثر من 1,000 مرة في الثانية بعد أن استعرضنا الوظيفة الأساسية للخيط العصبي، دعنا نناقش الآن ما هو معروف حول كيفية تحكم الجهاز العصبي باللغة المحكية (الكلام).

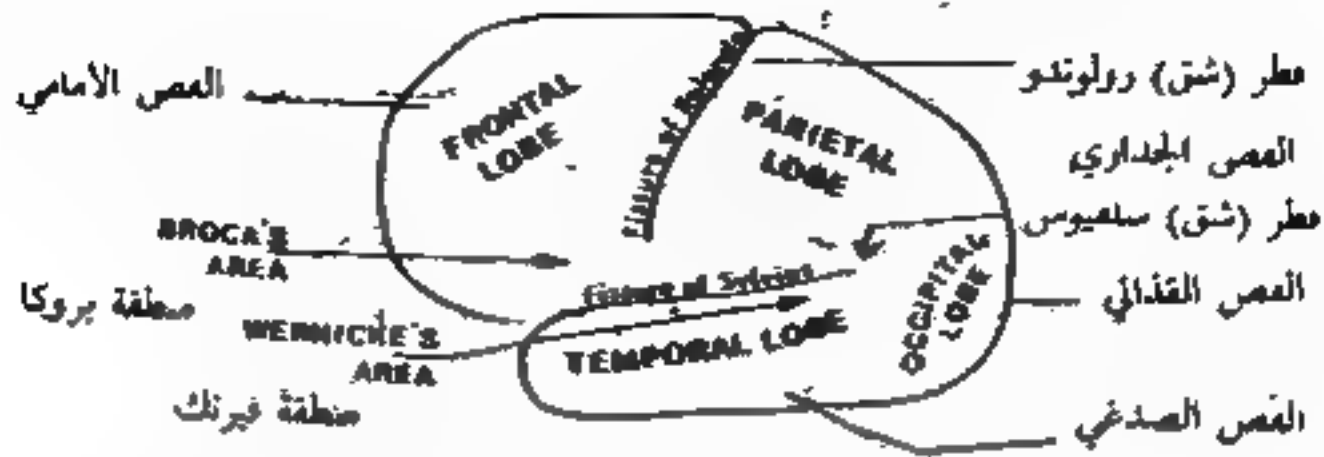
تحكم الجهاز العصبي المركزي بالكلام Central Nervous System Control of Speaking

هل المرغم من أننا لم نزل بعلمين عن فهم الشبكات العصبية التي يمكن أن تتحكم بالكلام، لكننا حصلنا على معلومات كثيرة حول بعض مناطق الدماغ المحددة المتصلة بإصدار الكلام. من المعروف منذ زمن بعيد أنه عندما يصاب الدماغ برصاصة أو صدمة عنيفة، أو عندما يعاني المرء من سكتة مخية - ضرر يلحق الألياف بخلايا الدماغ سببه انفجار وعاء دموي أو تخثر دموي (حادث دموي دماغي Central Vascular accident) تحدث اضطرابات لغوية غالباً. يسمى القصور اللغوي «الحبسة» التي يمكن أن تتخذ أشكالاً عدة: قصور في صياغة ما يراه قوله، وقصور في الفهم، وفي النطق، وفي الكتابة، وفي القراءة، وفي تسمية الأشياء، أو في مركبات مضاعفة لهذا القصور أو ذلك ودرجات متفاوتة في الحد.

ومعروف منذ زمن بعيد أيضاً أن نصف الدماغ الأيسر يتحكم بحركة نصف الجسم الأيمن وإحساسه، بينما يتحكم نصف الدماغ الأيمن بحركة نصف الجسم الأيسر وإحساسه. وبذلك فإن سكتة دماغية في نصف الدماغ الأيمن قد تسبب شللاً كاملاً أو جزئياً في نصف الجسم الأيسر، ويعتمد ذلك على موقع الضرر الدماغي ومداه.

لكنه إلى وقت قريب نسبياً حتى اكتشف جراح الأعصاب الباريسي وعالم الإنسان بول بروكا «Paul Broca» عام 1861، من خلال تشريح جثة إنسان كان يعاني

من حيسة، أن تلفيف الفص الأمامي الثالث من قسم الدماغ الأيسر هو المسيطر على إصدار الكلام. أنظر الشكل (4.9).

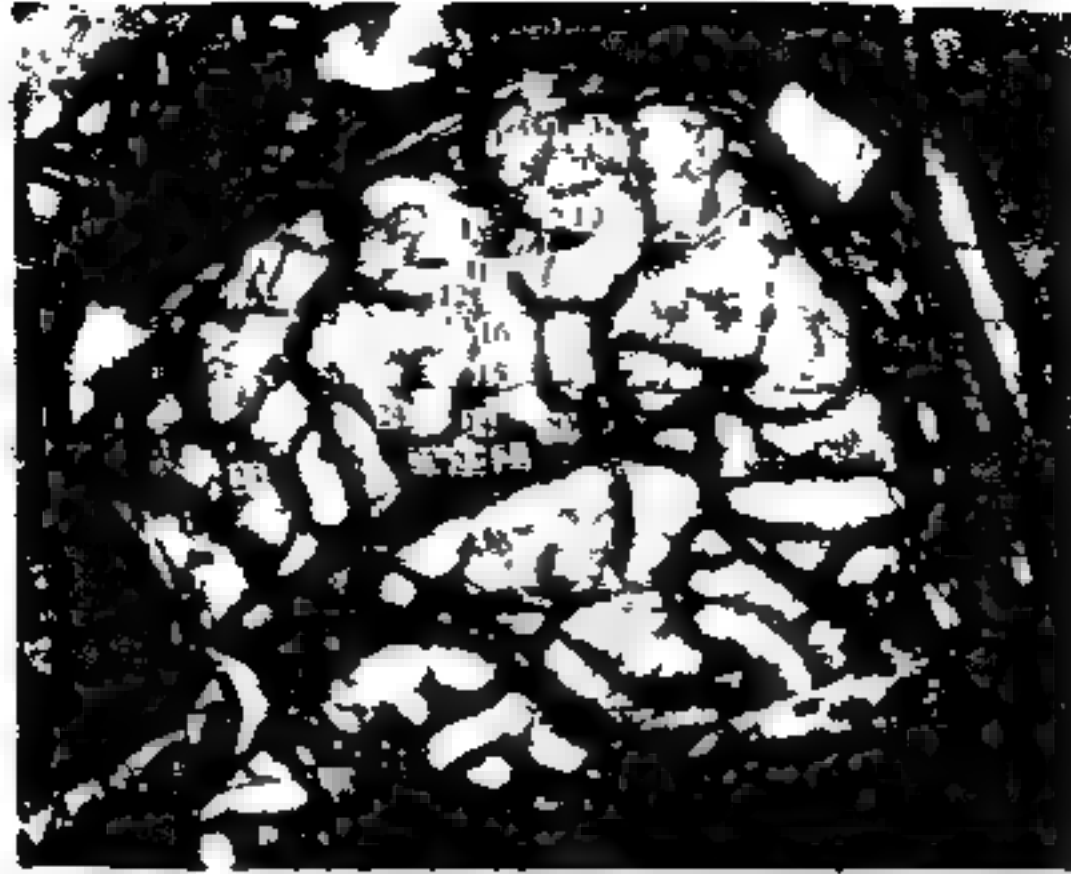


الشكل 4.9: منظر جانبي للقشرة الدماغية معلمة حسب تقسيماتها الكبرى يُقسم وجه اللحاء الجانبي إلى أربعة قصوص. الأمامي، والجداري، والقذالي والصدغي. يفصل فطر رولونديو الفص الأمامي عن الفص الجداري، بينما يفصل فطر سلفيوس الفص الصدغي عنها. كما تمت الإشارة إلى المناطق التي يعتقد بروكا وفيرنيك أنها متضمنة أو موجودة في إصدار الكلام وفهمه.

وليس بعد ذلك بكثير. كان ذلك عام 1874، حدد كارل فيرنيك Carl Wernicke أن فهم الكلام يقع في تلفيف الفص الصدغي الأول. وقد تراجع مثل هذا التحديد الدقيق في الوظيفة في الأونة الحديثة بحيث ينظر الآن إلى الدماغ على أنه مرن جداً في تحديد الوظيفة. لكن جراحي الأعصاب يوافقون، على أية حال، على أن نصف الدماغ الأيسر هو المسيطر والتحكم في الكلام لدى كل الناس الذين يستخدمون يمينهم، وعد معظم الذين يستخدمون يسارهم. وأن المنطقة الدماغية الحساسة في الكلام هي المنطقة الواقعة في منطقة الاتصال بين الفص الجداري والفص الصدغي. وعلى الرغم من أن الاسم الدقيق للموقع يعرف بمنطقة بروكا، التي يمكن إزالتها في بعض الحالات دون التأثير في الكلام، فإن إصدار النصوص العصبية الحركية اللازمة لتحريك العضلات المسؤولة عن الكلام يتضمن قسماً من الخلفية - الداخلية للصدغ الأمامي الأيسر.

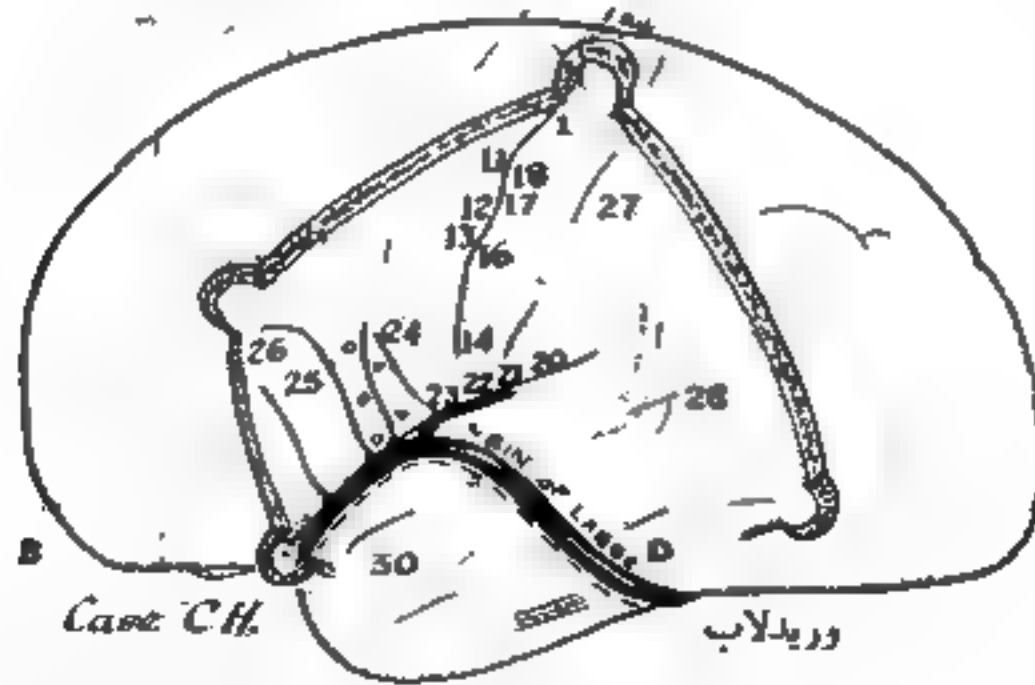
لقد قام بروكا وفيرنك بتشريح بعض الجثث كي يطوروا برهاناً على صحة نظيرتهما. وقد تم تأكيد بعض أجزاء من نظيرتهما حين قام جراح الأعصاب الكندي بنفيلد (Penfield) من مونتريال بتوضيح المناطق الهامة في الكلام في القشرة الدماغية على نحو دقيق ومعقل. مستخدماً أسلوباً مختلفاً تماماً. فبينما كان يعالج الصرع بأساليب جراحية، قام بنفيلد ولامر روبرتس -Lamar Roberts-، وهو زميل سميلد وطالبه، بإثارة مناطق الدماغ المكشوفة عند أكثر من سبعين مريضاً من أجل رسم خريطة القشرة الدماغية قبل إجراء العمل الجراحي. واستخدمت هذه الإثارات في تحديد المناطق التي تسمح بإحداث نوبات الصرع. وهكذا تعلم هذان الجراحان الشيء الكثير عن وظيفة الدماغ.

وبما أن الدماغ لا يحتوي على مستقبلات الألم، فإنه يمكن نقل الإثارة الكهربائية من دون فقدان الحس العام. وبذلك يُسمح للمرضى أن يكونوا واعين تماماً، ومن ثم يمكنهم التكلم. وقد بُثَّ تيار كهربائي صغير بوساطة سلك دقيق يلامس المناطق المكشوفة من خلايا قشرة الدماغ في عدة أماكن، واتخذت استجابة المريض أشكالاً متعددة (انقباضات عصبية في موقع ما، والإحساس بالوخز الخفيف في موقع آخر، ومن خلال النطق، ومن استعادة حوادث سمعية وبصرية ماضية أو بالغياب الكامل والمفاجيء للقدرة على التكلم. رُقعت أماكن الاستجابة من خلال إسقاط قصبيات صغيرة من الورق تحمل أرقاباً مضيئة على الموقع، وبعدها صُوِّر اللحاء المرقم. يظهر الشكل (4.19 A) صورة لمخطط القشرة الدماغية مع الاستجابة الإيجابية إلى كل إثارة مرقمة.



الشكل 4.10 A: صورة للمسطح اليساري الدماغي من علاف CH بعد تخطيط الكلام.
تشير الأرقام إلى النقاط التي أثبتت

ويدل الرسم البياني (4 10.B) على المنطقة وعلاقتها بجانب المخ، الكامل.



الشكل (4.10.B). رسم بتيلد لـ Case CH) تخطيط قياسي تم الحصول على الحجة (علم
المقدرة على الكلام) بوضع الكترودات مشيرة في النقاط 26 و 27 و 28
وتم الحصول على العقلة (Anarthria) من خلال إثارة النقاط 23 و 24

ومن خلال نظرة بسيطة سريعة إلى الشكل (4.8) أو (4.10.B) يمكن رؤية قطر رونالدو وهو يخلق ثغراً أو انقباضاً عميقاً بين القصر الأمامي والقصر الخلفي. ويشتق عادة عن الإثارات المبطنة على يسار هذا القطر، عندما تطبق على القسم الخلفي من القصر الأمامي، استجابات حركية: انقباضات عضلية وحركات. يشير إلى هذه المنطقة بـ «المقاطع الحركية» على الرغم من وجود بعض الاستجابات الحسية فيها أما إلى بين قطر رونالدو هذا، فقد كانت كامل الاستجابات للإثارات المبطنة حسية تقريباً. وفي كل من قطبي المخ الحسي والحركي، مثل الجسم مقلوباً تماماً على عقب كما هو موضح في المقطع العرضي الحركي في النصف الأيمن. الشكل (4.9).

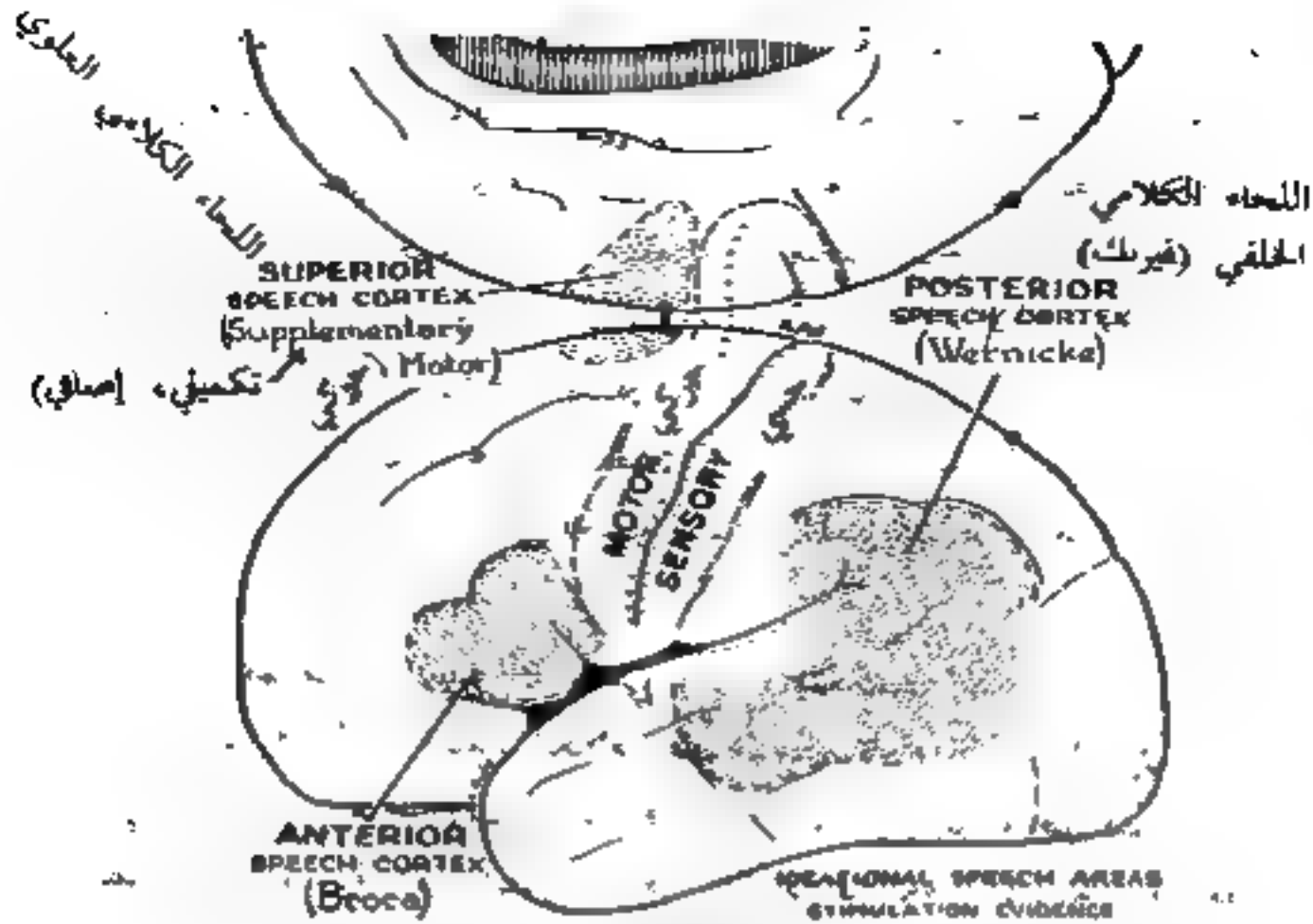


الشكل 4.11. منظر جانبي للحاء سليم بالتصوير الرئيسية. القسم وجه الحذاء الجانبي على أن الزينة تصوير من الأمامي، والجانبي، والصدغي والقطني. يفصل قطر رونالدو القصر الأمامي من القصر الجداري، بينما يفصل قطر ميقيوس القصر الصدغي منهما. كما يشير إلى المناطق التي يستند بها يروكا وفيريك مؤثرة في إصدار الكلام.

لاحظ الطريقة التي مثلت فيها الاستجابة الحركية لأصابع القدم والأطراف السفلية في قمة القشرة الدماغية، بينما مثلت استجابات الرأس الحركية في سطح الفص الأمامي السفلي. والشئ المدهش هو مدى التمثيل في قشرة الدماغ المخصص للشفتين، واللسان، والحنك، وآلية البلعوم في مناطق المخ الحسية والحركية. وبالإضافة إلى اليدين، فإن الأجزاء المستخلعة في عملية الكلام تمتلك أهل تمثيل من المادة السنجابية على طول القطاعين الحركي والحسي في كل من نصفي الدماغ. وكان وظيفة معظم أجزاء الجسم الأخرى قد قصبت أن تكون وسيلة لنقل المعلومات وإمدادها إلى الرأس واليدين التي تسيطر على الجسم وتستقبل المعلومات من المحيط المجاور.

على الرغم من أنه يبدو أن نصفي الدماغ يتحكمان ببعض المظاهر الحسية والحركية الدقيقة في آليات إصدار الكلام، فإن التحكم العام باللغة الشفهية المنتظمة يكمن في نصف واحد هو النصف الأيسر. فعندما أثار بنفيلد بعض مناطق قشرة الدماغ لم يستطع المريض تسمية بعض الصور أو حتى الإجابة عن بعض الأسئلة. وفي بعض المواقع الأخرى، تكلم المريض، ولكنه بنطق غير واضح. وكان ممكناً، من خلال إثارة واحدة في منطقة الفص الجداري - الأمامي، الإقصاد عن تجربة سمعية بصرية متسلسلة الزمن. فقد أقرب إحدى المريضات إنها كانت في مطبخها، واستطاعت سماع أصوات البيئة المحيطة هناك خارج منزلها. لقد كان ذلك حدثاً يفوق أحداث الذاكرة. فقد عاشت المريضة دوسمحت للحدث ثانية بينما كانت مدركة، في الوقت نفسه، أنها في مونتريال مع الدكتور بنفيلد. يمكن إجراء هذه التجارب، أحياناً مرات متكررة بإثارة متتالية. وأوقفت إثارة أخرى في منطقة الفص الجداري - الأمامي أيضاً تسمية بعض الصور على نحو مفاجيء. فعندما عرضت صور فراشة على المريض لم يستطع تذكر اسمها، وأضاف، عندما توقفت الإثارة، أنه عندما عجز عن تذكر اسم الفراشة، حاول تذكر كلمة «العثة» أو «البشيرة» لكنه عجز عن تذكر ذلك أيضاً.

يلخص الشكل (4.12) المناطق التي وجد بنفيلد وروبرتس أنها مهمة في الكلام بناءً على دليل الإثارة الحسية:



مناطق الكلام الفكرية نفس دليل الإثارة العصبية الغشاء الكلامي الداخلي (بروكا)

الشكل 4.12: خريطة تلخص المناطق التي وجدها بنفيلد مهمة في الكلام في سطح نصف الدماغ الأيسر. يشير الرسم السفلي إلى السطح الخائبي، بينما يشير الرسم العلوي إلى السطح الجداري. المناطق في السطح الجداري الأوسط.

تتوافق منطقة القصر الأمامي الداخلي مع منطقة بروكا، ونتج من معظم الإشارات هنا كلام غير واضح أو لكنه مؤقتة. أما المنطقة الخلفية فهي كبيرة، وتضم قسماً من القصر الصدغي، وامتداد المنطقة المعروفة بمنطقة فيريك، وقسماً من القصر الجداري. ويعد بنفيلد هذا القسم الأهم في اللغة والكلام. فلم تسبب الإثارات في هذه المنطقة تذكر تجارب متتالية من الماضي، بل أوقفت مقدرة استخدام اللغة على نحو عاجل. فلم يستطع المريض، أحياناً، قول ما يود قوله أو قتل في فهم ما يقال له، ويشبه هذا الحجة تماماً. وقد عدت قشرة الدماغ العليا المتعلقة بالكلام أقل أهمية، لكنها

تكمل عمل القطاع الحركي المتخصص بالكلام واللغة. ويجب ملاحظة أنه على الرغم من إمكانية الإشارة إلى ثلاث مناطق عامة، لكن وظيفة كل منطقة من هذه المناطق لم تكن مستقلة عن الأخرى تماماً كما توقع بنفيلد/ وروبرتس. لقد فسروا قذاحل الوظائف باتصالات تحري بين هذه المناطق تحت القشرة الدماغية، وكذا حريصين على ذكر أن إثارة كهربائية واحدة أثارت كافة الأنظمة والشبكات بما في ذلك خلايا عصبية بعيدة عن موقع للمسرى الكهربائي الشيرين.

إن برهان بنفيلد وروبرتس غني بمحتوياته حول تحكم الجهاز العصبي المركزي بالكلام، واللغة، وأحداث الذاكرة المثالية، وحتى في الفكر. والحدود بالملاحظة والانتباه أنه تم الحصول على الاستجابات البسيطة في النطق وتحريك عضلات الكلام بواسطة تحريض ثنائي (نصف كرة المخ) - لكنه تم تحديد الاستجابات الأكثر تعقيداً كاستعادة بعض التجارب أو الكلمات المأجدة في الكلام في أحد نصفي الدماغ، ولم ينتج عن أية إثارة كلمة محكية. ولم يحدث في أية مرحلة من مراحل الإثارة قول المريض لا إرادياً كلمة مثل «كرسي» على سبيل المثال. يضم الكلام عملاً مترامناً في عدة أجزاء من الدماغ، ويبدو أنه على درجة عالية من التعقيد والتركيب لأنه يعقبط أو يستخرج من إثارة واحدة، على الرغم من إمكانية إيقافه.

وبعد معرفة أن أحد نصفي المخ هو المسيطر والمتحكم بالكلام، حاولت مجموعة مونريال تطوير ما هو معروف بـ «اختبار واداء»، «Wada Test» للتأكد من القسم المسيطر في اللغة. وتعتمد القرارات الطبية حول مدى نجاح العملية على تقييم الأهمية النسبية لإزالة الورم، وتعطيل قدرة المريض الكلامية. يمكن للطبيب أن يزيل قسماً أكبر من الألياف من نصف الدماغ غير المتحكم بعملية الكلام.

وللحصول على هذه المعلومات نحقن كمية من أميتال الصوديوم في الشريان السباتي في أحد جانبي الرقبة مرة واحدة. وينقل الشريان السباتي الدم إلى الدماغ، وبذلك مهتج عن أميتال الصوديوم تأثير مؤقت على القسم الذي حقن. ويستعيد القسم المحقون وظيفته العادية بعد فترة وجيزة، ولذلك ليس هناك وقت للاختبار المطول الدقيق، فغالباً ما يستلقي المريض على الطاولة وذراعه ممدودتان باتجاه السقف، وركبتاه مشيتان. إن تأثير الحقنة سريع ومفاجئ. بحيث تظهر الباق والذراع المعاكس للقسم

الدماغي المحقون. يُطلب من المريض عند بعض الميود وتسميتها والإجابة عن بعض الأسئلة، ويتم إعادة الإجراء نفسه تليماً على الطرف الثاني ويحدث عادة أن يكون تأثير صرر حقة ليرتال الصوتيوم في الكلام واللغة في أحد نصفي الدماغ أكثر منه في الآخر. واكتشفت برايندا ميلتر «Brenda Milner» من جامعة ماكجيل «McGill» في مونتريال أن القسم المتحكم بالكلام واللغة هو نصف الدماغ الأيسر بنسبة 98% من المائة والأربعين الذين يستخدمون يداهم ونسبة 10% من المائة والإثنين والعشرين الذين يستخدمون يسراهم ممن أخضع للتجربة. وعندما مثل الكلام على نحو ثنائي، كما كانت الحال، لدى عدة مرضى، كانت تسمية الأشياء أقوى في الجانب الأول، بينما كانت القدرة على ترتيب كلمات هي الأقوى في الجانب الآخر.

إن الدليل الكامل على تحديد أي من نصفي المخ هو المسؤول عن إصدار اللام، من تشريح الجثث عند بروكا وفيرنيك، أو من الإثارة الكهربائية في عمل بنفيلد وروبرتس أو اختبار أيرتال الصوتيوم عند وادا «Wada» ورازموسين «Rasmussen»، مأخوذ من نصفي المخ. يعد الكثير من جراحي الأعصاب المخ مصيداً للحركة الإرادية. وعلى نحو مماثل ينظر بنفيلد إلى قشرة اللحاء الحركية على أنها مجرد منصة تصلها النبضات العصبية الحركية الصادرة عن جذع الدماغ الأعلى. وتنحدر من هذه المنطقة (قشرة الدماغ الحركية) النبضات إلى الأسفل باتجاه المجرى الحربي وإلى العضلات في نهاية المطاف. يمكن أن ينتج عن أي ضرر في مستوى قشرة الدماغ، أو عدم قيامها بوظيفتها على نحو صحيح، شلل تشنجي. وعالياً ما يلاحظ هذا الشلل في ضحايا الشلل الدماغي حيث تنقبض العضلات لكنها لا ترحي ثانية. وقد ينتج عن خلل في جذع الدماغ الأعلى إصابة غير متحكم بها في حركة الأعمال الإرادية (الكنج) وتلك مهمة عامة أخرى للشلل الدماغي، توجد أيضاً لدى مرضى ضعف النشاط العضلي، أو قساوة العضلات كما هو شائع في داء باركنسن (Parkinson Disease). لكن الضرر الكامل، أو عدم وصول الأكسجين، قد يسبب إعاقة عقلية تقلل من مستوى قدرة اللغة، من بين الأشياء الأخرى، وذلك تبعاً لمستوى الضرر اللاحق بالدماغ. ويمكن للعديد من الاضطرابات المتعلقة بالجهاز العصبي المركزي أن تسبب قصوراً متنوعاً في التعلم: كعدم القدرة على الإصغاء لشيء ما، أو مشكلات في القراءة، أو عجز عن ربط المعنى بالسمط الصوتي الكلامي، واضطرابات مختلفة ومعقدة في اللغة، ومشكلات ليس في

اللغة محسب، بل في الإتصال والعلاقتى الإنسانية على الجملة. وعندما يكون هناك عجز في التناسق ووحدة الحركة يمكن أن يكون الإضطراب في المخيخ.

يُعرف عن المخيخ، القايح خلف المخ وأسفله، منذ زمن بعيد، قيامه بتسيق الزمن وتنظيم الحركات المعقدة الدقيقة. وقد قام جون أكليس «John Eccles» بدراسة المخيخ الذي كان محور اهتمامه، واقترح أن للمخيخ معدة لتنفيذ أبعاد المهمات بدقة على نحو ذاتي. ويعطي مثلاً «صيغة الأمر» الموجودة في الجملة الآتية «اكتب إسمك». فحسب وجهة نظر أكليس، يكون مصدر الأمر هو المخ، بينما يقوم المخيخ ذاتياً بالتحكم في الرمز، والشدة وتفاعل وفرة الأوامر العضلية من المخ. تتقبض العضلات وترنحي في لمط محدد منظم دون حاجة إلى التحكم الإرادي في كل جزء من التوقيع على سبيل المثال. تنجبه النبضات الحركية القادمة من المخ آنياً إلى القصر العاكس في المخيخ. ويقوم المخيخ في زمن لا يتجاوز مدة ثلاث من الثانية¹ بتوجيه التدفق المعقد للنبضات القادمة من قشرة الدماغ الحركية، ويستمر في فعل ذلك باستمرار العمل. يتلقى المخيخ معلومات عن المكان والحركة من العضلات والمفاصل، وله العديد من الاتصالات مع الحبل الشوكي بالإضافة إلى المخ. وبينما يرى بنفيلد أن أمر الكتابة أو الكلام أصله جذع الدماغ الأعلى وليس المخ كما هي الحال في رأي أكليس، فإن جراحى الأعصاب يتفقون على أن المخ، والمخيخ، والمعقد القاعدية تتفاعل وتتصل في أي نشاط إرادي دقيق كالتكلم على الرغم من أن طبيعة هذه الاتصالات لما تفهم أو تتوضح بعد.

السبونريه*: دليل التخطيط القبلي Spoonerisms Evidence for Preplanning

وليام. أ. سبونر «William A. Spooner» كاهن إنجليزي وعميد نيوكوليج في أكسفورد في بداية هذا القرن، وهو مشهور بكلامه المقلوب الضاحك أكثر منه بمحاضراته، فعوضاً عن قول: «you have missed my history lectures» سيفول سبونر: «you have hissed my mystery lectures»، وذلك تبديل يعرف الآن

* السبونرية. تحليل مواقع الحروف الأولى في كلمتين لم أكثر.

و السبوتريه». وينقل عنه قوله: «*Work is the curse of drinking class*»^(١) إن تبديل مواقع الكلمات، وتبديل مواقع القوانين، يشير إلى أن المتكلمين يحتفظون بعبارة كاملة جاهزة للكلام في إحدى مراحل الاستعداد للتكلم، وإلا فلن يحدث نقل كلمة أو صوت من نهاية العبارة المقصودة إلى البداية، تكشف أخطاء الكلام، وهناك أنواع أخرى من الأخطاء بالإضافة إلى السبوتريه، عن شيء ما حول إصدار الكلام. ويذكر الجدول (4.1) أمثلة عن أخطاء كلامية صوتية جمعتها فيكتوريا فرومكين «Victoria Fromkin» من جامعة (USLA) جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس.

Table 4.1 أخطاء قطعية في الكلام

Error	Examples
Consonant errors تأثير تولمي Anticipation	A reading list It's a real mystery A leading list It's a real mystery
Persistence تأثير جيلي Perseveration	Pulled a lantern At the beginning of the turn Pulled a lantern At the beginning of the turn
Reversals (Spoonerisms) القلب (السبوتريه) Vowel errors القلب Reversals	Left hemisphere A two-ten test Left hemisphere A two-ten test
Other errors الإضافة Addition Movement الحركة Deletion الحذف Consonant clusters تجميع صائقي split or moved منظر لو متحرك	Feet showing Fit the pool Feet showing Fit the pool
	The optimal number Ice cream Chrysanthemum plants Speech production Damage claim The optimal number Ice cream Chrysanthemum plants Speech production Damage claim

الجدول (4.1): يمكن للأخطاء القطعية أن تحتوي على الصوائت والصوائت أيضاً وقد أظهرت بعض أنواع التبديل النموذجية. تبرز مثل هذه الأخطاء من أن المقطع الصوتي المنفصلة التي افترضتها النظرية اللغوية موجودة في قوانين التكلم القواعدية.

(١) بدلاً من: Drinking is the curse of working class

لاحظ أنه لم يتم التمييز بين الصوائتِ والصوامتِ اليتة، وكذلك فإن الأخطاء متماشية تماماً ودائماً مع قواعد اللغة الإنجليزية. «فإنجمل moptimal بدلاً من optimal» لكننا لا نجد هذا اليتة على شكل «ngoptimal» لأن (y) لا تبدأ المقطع مطلقاً في الإنجليزية وتحدث معظم الأخطاء في المقطع الأول، وغالباً في الصوت الأول من كلمة. وما هو مثير أيضاً وجدير بالملاحظة أن أنماط النغمة والتير في العبارة والجملة تبقى ثابتة بغض النظر عن التغير الحاصل في مواقع الكلمات أو الأصوات. ففي مثال فورم كن «Segmour sliced the knife with the slami» نجد أن ارتفاع درجة النغمة والشدة المتزايدة التي يجب أن تقع على «knife» في الجملة المعنية قد وقعت الآن فوق «slami»، تلمح هذه الأخطاء إلى آليات عصبية عضلية في إصدار الكلام في مراحل التخطيط قبل بث النبضات الحركية إلى العضلات. ومن الواضح الآن أن المتكلمين لا يأملون ويتكلمون جملة كل كلمة على حدة، دعنا نناقش الآن كيف يمكن تحويل عبارة محتفظ بها في حالة استعداد للإصدار إلى شكل سماعي، وبعد ذلك، وبدقة أكثر، ندرس الآليات الفيزيولوجية التي تعد لذلك.

Respiration

التنفس

تحويل التيار الهوائي من أجل الأصوات الكلامية

Modification of Airstream for speech sound.

بغض النظر عن الأشكال التي يمكن لمراحل تخطيط الكلام أن تتخذها، لا بد من أن يأتي الوقت لإصدار الكلام، وإذا ركزنا اهتمامنا الآن على هذا النشاط الممكن دراسته على نحو مفصل نسبياً، فدعنا نناقش أولاً للمهمة الأساسية العامة التي تواجه المتكلم. فكل الأصوات الإنجليزية نتيجة تحويل للهواء القادم من الرئتين. حيث يجب على المتكلم أن يصد نياراً خارجاً من الرئتين كي يحوره، ويتقدم بعد ذلك في تحويله أيضاً بأشكال متعددة. بحيث يصبح مسموعاً من جانبي المتلقي.

وعلى الرغم من ذلك الإنسان الذي يمكنه من تفصيل مختلف الأصوات التي يصدرها لأنظمة الكلام المختلفة المستخلصة في العديد من لغات العالم، فمن الواضح تماماً أن هناك قيوداً تفرضها آليات الكلام. فالتكلم لا يملك سوى عدة أجزاء متحركة كي يصدر بواسطتها الكلام، وهي: الحبال الصوتية، واللسان، والفك، والشفان،

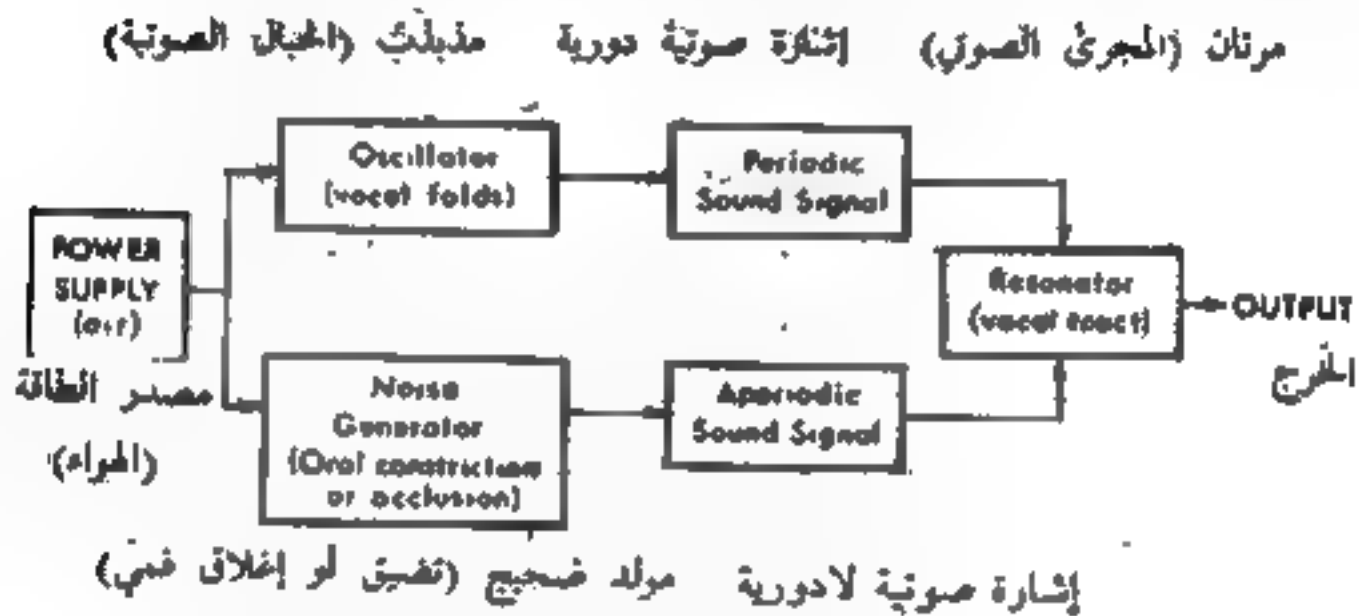
والحك الرخو، وهناك عددٌ من التجاويف أيضاً يستخدمها مرنانات: الفم، والبلعوم، والتجاويف الأنفية التي تشكل التجاويف الأنسية. ومع ذلك فإن متكلمي العالم يستخدمون الفونيمات (عائلات من أصوات تشير إلى اختلافات في المعنى) وهي أصوات وفيرة ملفوظة يصدرها المتكلمون عنفاً يبرز حياهم الصوتية، ويحدثون تنوعاً كبيراً من أشكال المجري الصوتي كي يستخدموها مرنانات لإنتاج عدد كبير من الضجيج، والمهسة، والطفطة، والندمة، والتخير وبعض الانفجارات الهوائية الصغيرة. وهناك عدد قليل من الأصوات يصدر أثناء الشهيق، وفي بعض اللغات، يتم التمييز بين الأصوات المتشابهة تماماً بتغير في طبقة الصوت النسبية.

وهناك حوالي أربعين فونياً في الإنجليزية، وهي موجودة في الملحق رقم ١٠. وقد أوجدت هذه الفونيمات جميعاً من خلال جعل الهواء الزفير مسموعاً. والأسلوبان الرئيسان اللذان استخدما في جعل الهواء مسموعاً هما: هز الحبال الصوتية (الصوت)، وإحداث ضجيج يسمع بوصفه أصواتاً صامتة. أما الصوت فهو إحداث موجة صوتية دورية من خلال الفتح والإغلاق السريعين للحبال الصوتية. من ثم يقطع (يقسم) الهواء الخارج من الرئتين إلى نفثات هوائية صغيرة مسموعة. بينما تحدث الأصوات الصامتة من خلال وضع أجزاء من آلية الكلام على نحو تحدث فيه موجات صوتية غير دورية في المجري الصوتي، غالباً في الفم أو التجويف القمي، وترن الأصوات الدورية واللا دورية جميعاً في المجري الصوتي.

اللفظ (آه)، وهذا مثال عن صوت صائت. فكل الأصوات الصائتة في الإنجليزية توجد من خلال اهتزازات في الحبال الصوتية، حيث تحدث اهتزازات الحبال الصوتية مصدر الصوت الذي يستمد خصائصه من مثل كـ «آه»، مقابل «ي» للصائت أيضاً من خلال الرنين المسمي الذي نحصل عليه في هذه الحالة من خلال فجوة ضيقة كبيرة وفجوة بلعومية صغيرة نسبياً. جرب الآن «ش» و «ك». يمثل هذان الصوتان نوعين مختلفين من الأصوات الصائتة. حيث أن مصدر هذين الصوتين ليس الحبال الصوتية بل - الفجوة القمية. يصدر (ش) من خلال إخراج التيار الهوائي من فتحة ضيقة للغاية. أما في (ك)، فيحبز الهواء تماماً حيث يمكن إطلاقه على نحو مفاجيء منتجاً بذلك دفقة مؤقتة عابرة من الصوت.

وأخيراً يمكن الجمع بين هذين الأسلوبين في الأصوات الكلامية، مما هو في واقع الأمر تركيب من الصَّوْتِ النَّوْزِيِّ والصَّوْتِ اللَّادَوْرِيِّ. حاول أن تطوِّقَ (س) واستمع في الصنجيج، ولكن أبدأ بيز الحبال الصوتية في الوقت نفسه، سوف تحصل على صوت كلامي آخر وهو (ز) مضافاً بذلك تغييراً آخر في تيار الهواء الخارج.

يمكن النظر إلى آليات إصدار الكلام بوصفها مشابهة لجهاز موسيقى خاص ذي مرمان متحول قادر على إصدار الكلام. يعتمد في إحدى اللحظات على هزاز وفي اللحظة اللاحقة أو الأخرى على الاضطراب (صوت مضطرب). يَخْذِي تيار الهواء القادم من الرئتين النظام بتمامه. يمثل الشكل (4.13) مخططاً للعملية.



الشكل 4.13: مخطط بياني لعملية إصدار الكلام. تحول القدرة الهوائية إلى إشارة سمعية دورية أو لادورية تحول هي نفسها في المجرى الصوتي.

تنفس الضغط السلبي Negative Pressure Breathing

في التحضير لطرد كمية من الهواء من الرئتين لإصدار الأصوات الكلامية، لا بد من استنشاق كمية كافية منه في البداية. وفي الأحوال العادية يدخل الهواء إلى الرئتين بالطريقة نفسها التي يدخل فيها الهواء إلى «الأكورديون» أو المنفاخ. انضغط أررار «الأكورديون» على قدر ما تستطيع، فلن يخرج أي صوت حتى تتوسع الفجوة أولاً من خلال تمديدتها. إن توسيع حجم الهواء داخل «الأكورديون» سيقلل ضغط الهواء داخل الفجوة مقارنة مع ضغط الهواء في المحيط الخارجي، ومن ثم فإن جسيمات الهواء التي شعلت داخل (محتوى) الأكورديون في حالته المأبطة تمتلك الآن مكاناً أوسع في حجم الأكورديون الموسع، وهكذا فإن ضغط الهواء سوف يهبط لبدة لحظات قانون بويل: (هناك تناسب عكسي بين حجم الهواء وضغطه). لا تستمر هذه الحالة من الضغط المنخفض داخل الأكورديون مقارنة بالضغط الجوي الخارجي بسبب وجود مدخل لدخول الهواء المحيط في الأكورديون. إن الضغوط الهوائية غير المتعادلة ستعادل دائماً متى سحبت الفرصة، حيث تنتقل الجزيئات الهوائية من المناطق الأكثر كثافة إلى المناطق الأقل كثافة. وبما أن حجم الهواء داخل الأكورديون ذو ضغط منخفض مقارنة مع الهواء الخارجي، فإن الهواء المحيط سوف يتدفق إلى داخل الأكورديون للمحافظة على التبادل في حجم التجويف الموسع داخل الأكورديون. وهذه الطريقة يرتفع ضغط الهواء على نحو كاف داخل الأكورديون مما يمكن الموسيقى من عزف قطعة موسيقية قبل أن يحتاج إلى مزيد من الهواء. يعزف الموسيقى على الأكورديون من خلال ضغطه، ومن ثم يقلل حجم هوائه ويزيد ضغطه الداخلي.

وعلى نحو مشابه يُوسّع المنفاخ المستخدم في إشعال النار يدوياً. حيث سيحدث ضغط منخفض (بالمقارنة مع ضغط الهواء المحيط) سرعان ما يتعادل من خلال دخول الهواء الخارجي إلى داخل المنفاخ. وعندما يتساوى الضغطان داخل المنفاخ وخارجه، يقوم بضغط المنفاخ مما يسبب اختلال التوازن ودفع الهواء باتجاه النار (قانون بويل مرة أخرى: كلما قل الحجم ازداد الضغط). يوضح الشكل (4.14) العلاقة بين الضغط والحجم.



ضغط جوي خارجي

ضغط سلبي مقارنة
بالضغط الخارجي

أعيد الضغط الجوي ثانية

الشكل 4.14 العلاقة بين الضغط والحجم في الأكورديون. عندما يوسع العازف الأكورديون يهبط الضغط، يدخل الهواء بعد ذلك غير مدخل صمامي كي يعادل الضغط.

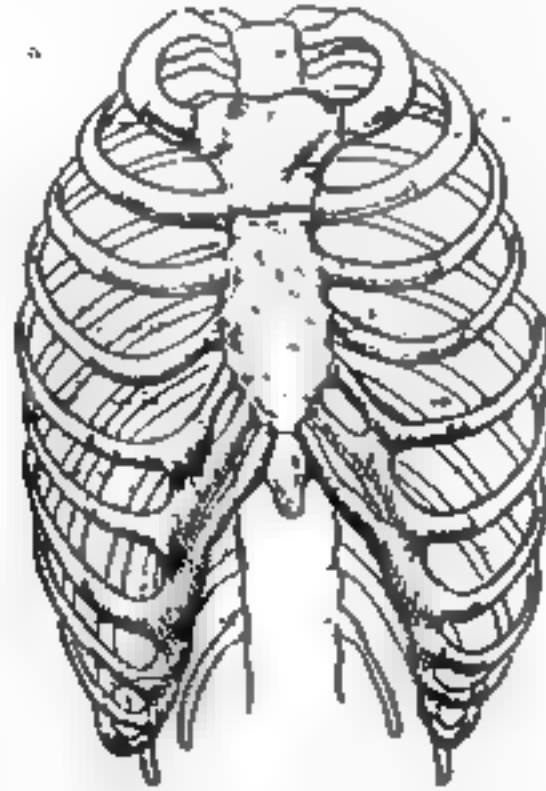
وتشبه هذه الأمثلة حول العلاقة القائمة بين الضغط والحجم في الهواء تنفس الإنسان. فغالباً ما يتخيل الناس الرئتين باللونين يمتلئان بالهواء عندما نستشق الهواء. وهذه ليست الطريقة التي يعمل بها التنفس الآلي على الرغم من استخدام الصفاة لهذا الأسلوب وكذلك التنفس الاصطناعي (فم إلى فم). لا تتوسع الرئتان والصنبر بسبب الشهيق، ولا تنقلص بسبب الزفير، بل إنه الحال على العكس من ذلك تماماً، حيث إننا نوسع صدورنا والرئتين، ومن ثم نسحب دخول الهواء كي يتم تبادل الضغط السلبي أو الفراغ الحرثي الموجود في الرئتين. إننا نغير الضغط (الهوائي) من خلال تغير حجم الهواء.

وهكذا يجلب الهواء إلى الرئتين بواسطة الحنجرة، والقصبية الهوائية، والقصات القصية، حيث تنفرع للمراتم الهوائية على نحو متزايد حتى تصل إلى الخيوب الهوائية

الصغيرة التي تؤلف معظم الرئتين. وهناك يتم التبادل بين الأكسجين وأكسيد الكربون في الدم، وذلك تبادل ضروري للبقاء.

آلية التنفس The Respiratory Mechanism

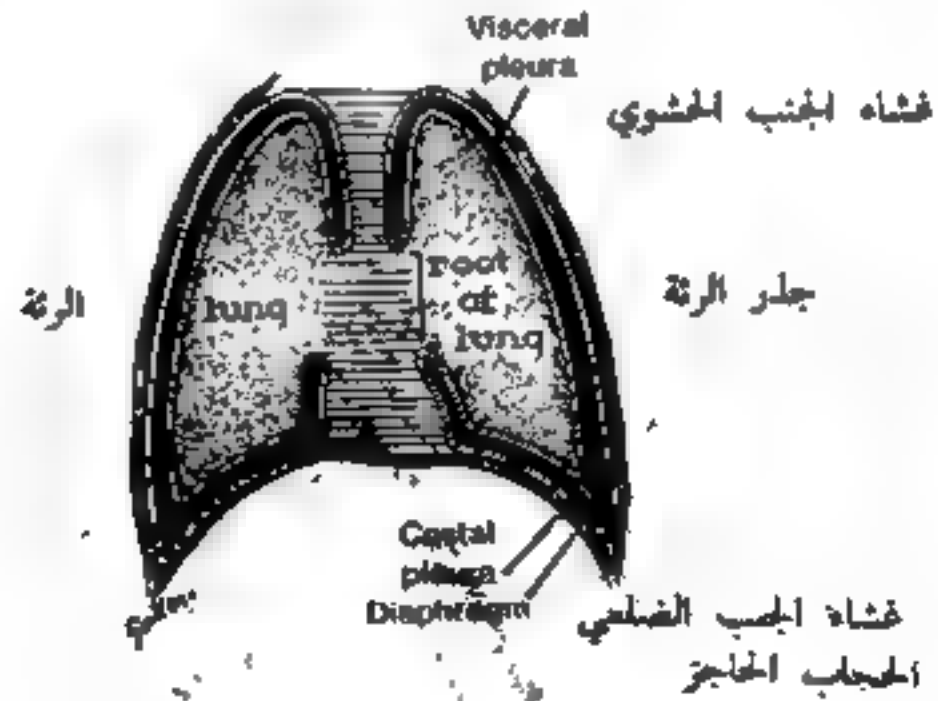
يشار إلى زيادة في أكسيد الكربون وحاجة إلى الأكسجين على مجرى آلي في النخاع المستطيل، وهو مكان المنعكس المسؤول عن التنفس في الجهاز العصبي. ويقوم السحاج المستطيل نفسه بإرسال نبضات عصبية من الدماغ والحبل الشوكي إلى عضلات مختلفة من الصدر. يرتبط الصدر، كما هو موضح في الشكل (4.15)، بفقرات العمود الفقري من الخلف وعظم القص من الأمام. وتكمل الأسطوانة بـ اثني عشر زوجاً من الأضلاع التي تشكل إطاراً عظيماً من الأمام تمتد إلى فقرات العمود الفقري في الخلف. وتتألف الأضلاع من مادة عظمية ماعدا الجزء المتصل بعظم القص يتشكل من مادة غضروفية. وتنقسم الأضلاع الدنيا المتصلة الغضروفية مع عظم القص؛ ولا يتصل أدنى ضلعين إلا بالعمود الفقري من الخلف.



الشكل 4.15: القفص الصدري.

يشكل الحجاب الحاجز، وهو عضلة ممتدة مقوسة، قاعدة هذه الفجوة الرميلية الشكل (الصدر)، ويؤلف أيضاً سقف الفجوة البطنية. وتستقر الرئتان على الحجاب

الحاجر. وبما أنها استنجدتان ومؤلفتان من خلايا هوائية مرنة تنقصها العضلات، فإنها تستطيعان تغيير شكلهما وفقاً للوعاء الذي يحتويهما. فعندما يهبط الحجاب الحاجز أو يصعد فإنهما تنطلقان في الرحلة، وكذا الحال عندما يتوسع القفص الصدري أو يتقلص من خلال الرفع والضغط، حيث تتوسع الرئتان وتتقلصان بسبب وصلة مع الأضلاع يبطر القفص الصدري غشاء يسمى بغشاء «الجُنب». ويغطي الرئتين غشاء آخر يسمى بالغشاء الرئوي. يتصل هذان الغشاءان أحدهما بالآخر، ويمكنهما، في الوقت نفسه، الإنزلاق أحدهما عبر الآخر من دون أن يحدث أي احتكاك لوجود سائل لزج بينهما. (وعلى نحو مشابه يمكن لسائل قاذع بين صفيحتين رقيقتين زجاجيتين أن يمكنهما من الإنزلاق أحدهما على الآخر، بينما يقوم سطح السائل المشدود بشد صفيحتي الزجاج إحداهما إلى الأخرى). يمكن الاتصال الغشائي بين الرئتين والأضلاع الرئتين من الاتساع والانقباض وفقاً لتغير حجم القفص الصدري (انظر الشكل 4.16). ويساعد الاتصال الغشائي على إبقاء الرئتين ممتدتين والأضلاع مضغوطة حتى من دون أية حركة.



الشكل 4.16: مقطع بياني تاجي للقفص الصدري يظهر غشاء الجنب والغشاء الرئوي

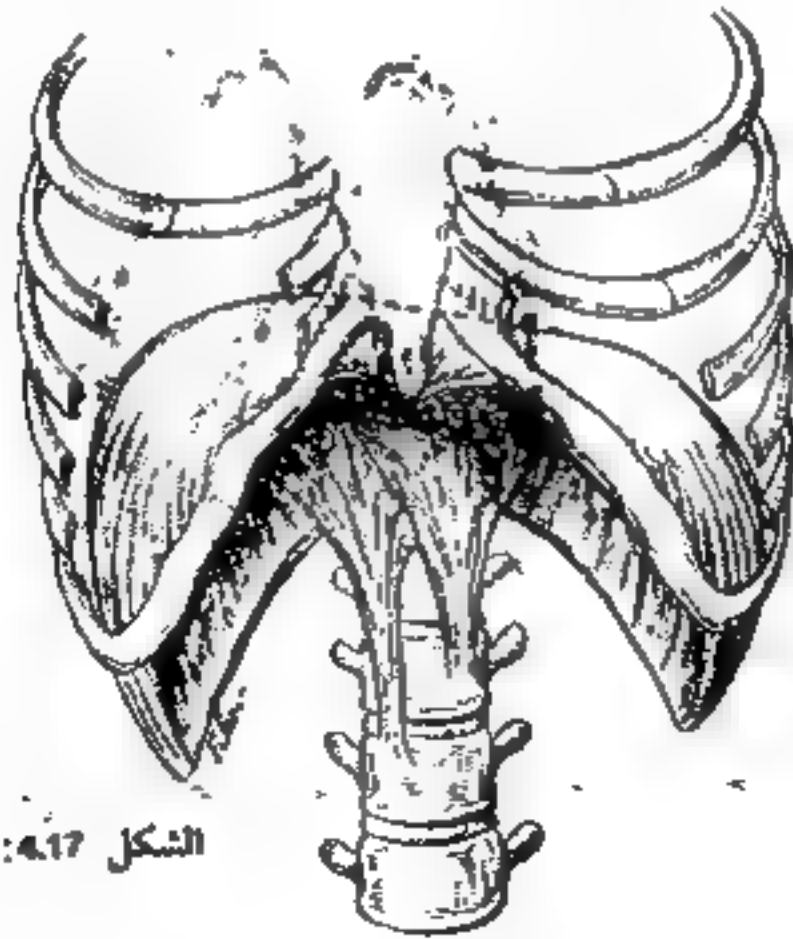
Inspiration

الشهيق

Quiet

الشهيق الهادئ

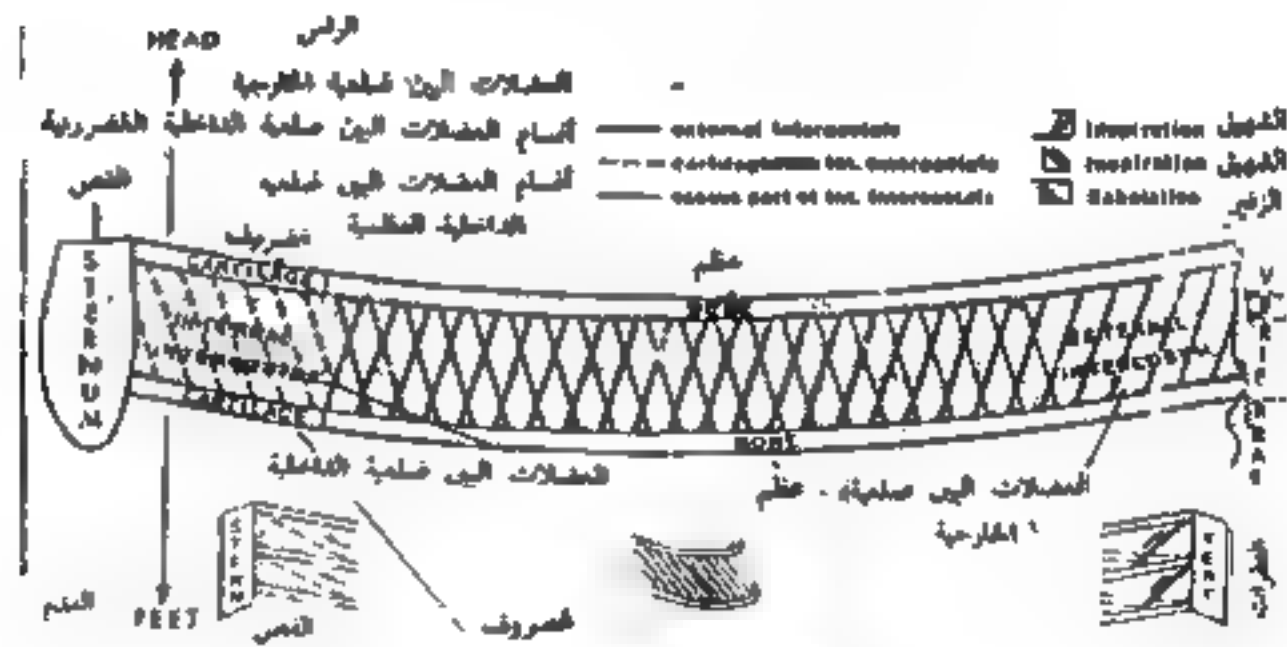
يرسل النخاع المستطيل نضات عصبية ذاتياً في الشهيق الهادئ عن طريق الحبل الشوكي إلى العضلات المتخصصة بين عظمات القفص الصدري؛ حيث تمزج هذه أعصاب من الحبل الشوكي على مستوى الرقبة (أعصاب عنق الرقبة) وتتحد مشكّلة عصبية عصبية تسمى بـ (العصب الحجابي). ويزود العصب الحجابي الحجاب الحاجز وصيصة الحويط العضلية التي تعزل القفص الصدري عن التجويف البطنية بالأعصاب. وعندما تكون الإثارة العصبية كافية لتقليص الحجاب الحاجز، تقصر الحويط العضلية مساحته معها قسم الحجاب الوسطي نحو الأسفل والأطراف المتصلة بالأضلاع السفلية. وبسبب ذلك هبوط الحجاب الحاجز وانبطاطه إلى حد ما. وبما أن الحجاب الحاجز يشكل أرض التجويف الصدري، فإن حجم القفص الصدري سوف يكبر عمودياً عندما تسحب قاعه نحو الأسفل. أنظر الشكل (4.17).



الشكل 4.17: الحجاب الحاجز
منظر داخلي.

يمكن للمره أحياناً الإختلاس بتوء البطن نحو الأعلى أثناء الشهيق بسبب ضغط الحجاب الحاجز الساتلي على محتويات التجويف البطني.

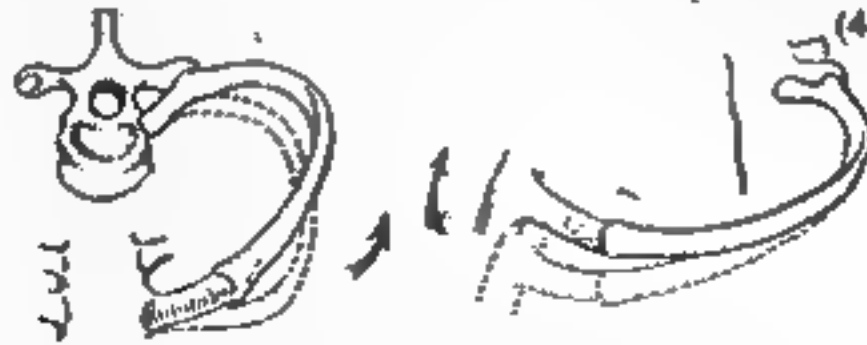
وفي الوقت الذي يهبط فيه الحجاب الحاجز، تُرسل النبضات العصبية بواسطة الأعصاب الخارجة عن الحبل الشوكي على مستوى الصدر (عضلات ما بين الأضلاع). وهناك اثنا عشر ضلعاً في كل طرف من طرفي الصدر، حيث يسمح لأحد عشر زوجاً الإتصال فيما بينها بواسطة العضلات بين الضلعية. وأكثر من ذلك، هناك طبقتان من العضلات بين الضلعية. الأولى سطحية بالنسبة إلى الأخرى. تصل العضلات بين الضلعية الخارجية القسم العظمي من الأضلاع، ولكنها لا تصل الأقسام الغضروفية القريبة من عظم القص. وتكون هذه العضلات سطحية بالنسبة إلى العضلات بين الضلعية الداخلية التي تصل الأقسام الغضروفية وعظم القص ابتداءً من الأمام، ولكنها لا تصل الأضلاع المنتصفة بالمفقرات. أنظر الشكل (4.18).



الشكل 4.18 - تمثيل تقي لوظائف العضلات بين ضلعية الداخلية والخارجية كما تقترح فريدريكا بيل برتي (Frederica Bell - Berti). أنظر إلى النص لمزيد من الشرح.

وتعاكس العضلات الين ضلعية الداخلية الاتجاه مع العضلات الين ضلعية الخارجية بالنسبة لوجهة الخيوط العصلية. حيث تتحرك الخيوط الخارجية على نحو مائل من الفقرات نحو الأسفل والخارج وهي ممثلة باتجاه عظم القص. يساهم تحرك الخيوط الداخلية على نحو مائل في الاتجاه المعاكس، حيث تبدأ من عظم القص إلى الأسفل والخارج وهي ممثلة باتجاه الفقرات. يمكنك رسم مخطط بياني للعضلات الين ضلعية الداخلية والخارجية على ورقة مناسبة الحجم كما هو موضح في الشكل (4.18) وتعلم بعد ذلك حول قفصك الصدري.

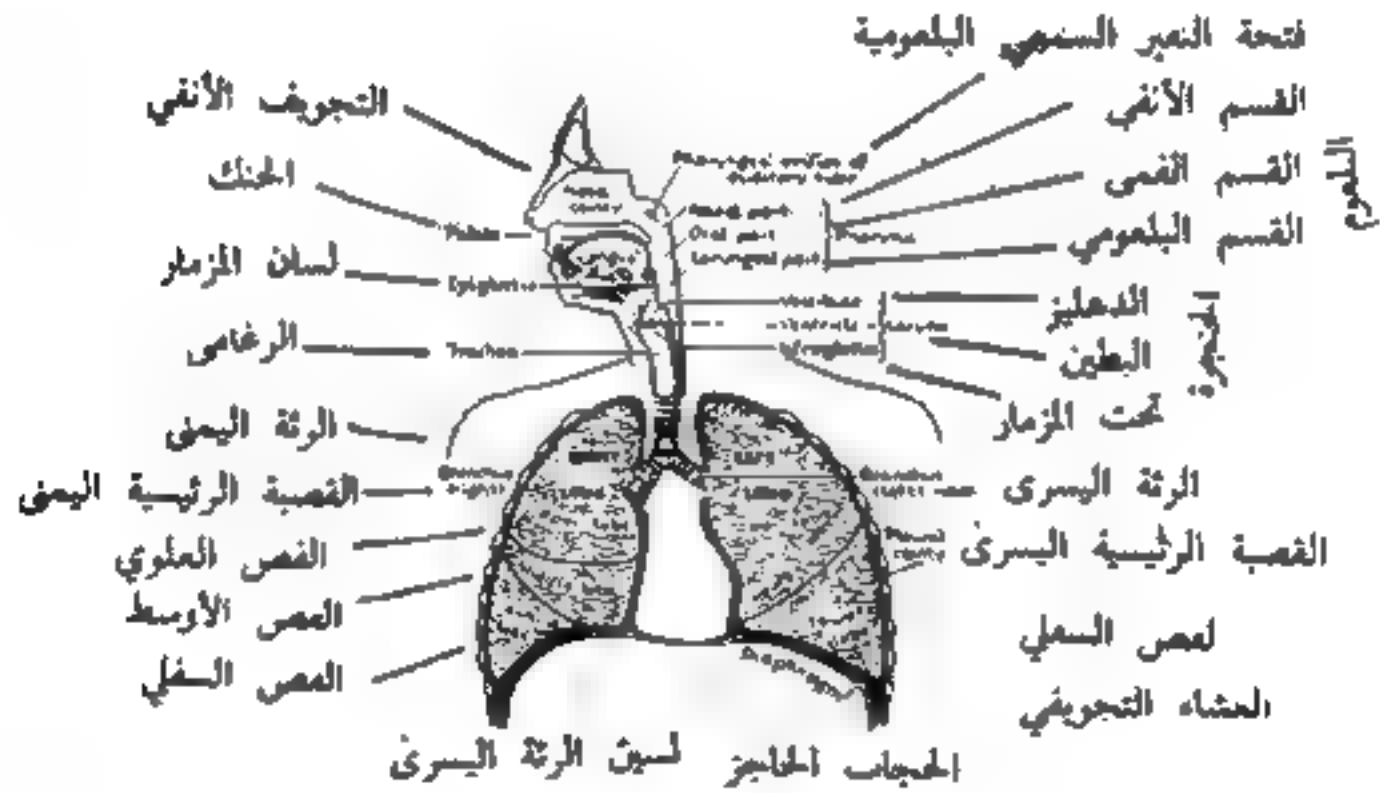
وأثناء الشهيق تنقبض العضلات الين ضلعية الخارجية والقسم الواقع بين الأقسام العضروفية من الأضلاع من العضلات الين ضلعية كي ترفع الأضلاع. لاحظ من الرسم البياني العصلي الذي لفته حول قفصك الصدري أن الفقرات تعمل نقطة ارتكاز بالنسبة إلى العضلات الين ضلعية الخارجية التي ترودها بالية رافعة حيث يكون التأثير الأساسي، عندما تنقبض العضلات وتنكمش، هو رفع الضلع الأسفل. ويمكن تصور التأثير نفسه في الأمام، حيث تصل العضلات الين ضلعية الداخلية الأقسام العضروفية الداخلية للأضلاع، وتنتج الخيوط العصلية إلى الأسفل بعيداً عن عظم القص داعمة القسم العلوي من كل عصلة، موحدة، مرة أخرى، الرافعة الضرورية لرفع الضلع الأسفل. ويساعد في هذا العمل حركة العضلريف اللولبية أيضاً. نجد أنه يتم رفع الأضلاع من خلال الجهود المكثفة للعضلات الين ضلعية الداخلية وأقسامها العضروفية، وبمساعدة حركة دورانية صغيرة من العضلريف. ويتج عن هذه الأعمال اتساع التجويف الصدري من الداخل نحو الخارج وفي البعد الجانبي أيضاً. انظر الشكل (4.19)



الشكل 4.19. حركة الأضلاع في الشهيق، بسبب الشهيق رفع الأضلاع مما يؤدي إلى زيادة بعد الصدر العرضي، ويسبب رفع مقبضة الضلع من ثم يزيد البعد من الأمام نحو الخلف

وعندما يزداد الحجم داخل الصدر بازدياد مناظري في حجم الرئتين بحققه الاتصال الجسي، يتناقص ضغط الهواء داخل الرئتين مقارنة مع ضغط الهواء المحيط في الخارج وانتفاء المحافظة على تعادل الضغط، يتحرك الهواء من الخارج إلى المنطقة الأقل كثافة أو ضغطاً أي: الرئتين.

إن وظيفة الممرات الهوائية العليا أن تكون بمثابة مجرى للهواء. أنظر الشكل (4.20). يدخل الهواء علقة التجويف الأنفية، حيث يرطب ويصفى ويمر كما وصفنا قبل بالحسرة إلى الرغامى ويعدّها إلى أنابيب أكثر تشعباً (القصبات العصبية) حتى يصل في نهاية المطاف إلى التفرعات الكثيفة والغزيرة، منبياً رحلته ماكياس الرئتين المخروبية. وتنفس الدم يمكن أيضاً لكنه يسبب تخفيف البلعوم.

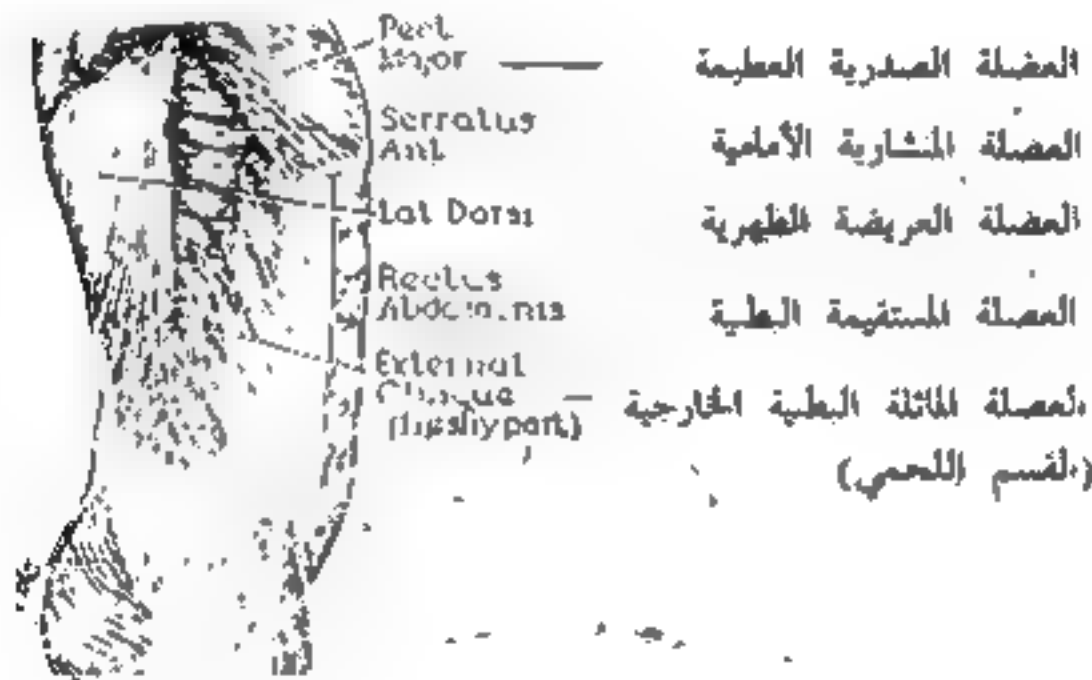


شكل 4.20: ممرات الجهاز التنفسي الهوائية.

For speech

أثناء الكلام

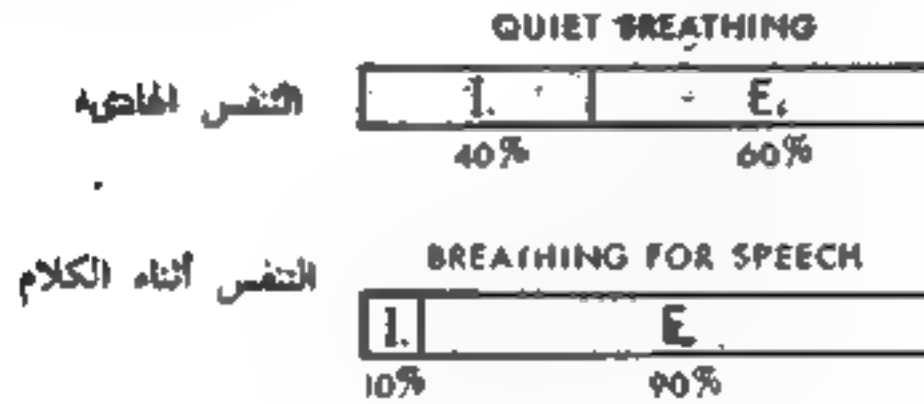
يختلف الشهيق أثناء الكلام عن الشهيق العادي في ثلاثة وجوه. فلو تعرف لتكلم أنه سيحتاج إلى قوة أكبر من أجل إصدار صوت مرتفع أو لعط طويل. فإن الشهيق، في تلك الحال، يجب أن يكون أكبر في حجمه. يمكن زيادة اتساع الحجاب الحاجز والعضلات بين الصلعية الداخلية بواسطة العديد من العضلات التي تتحكم برفع القص والأضلاع: العضلة العنقية الترقوية الخشائية، والعضلة الأمامية، والعضلة التي تحت الترقوة، والعضلة الصدرية العظيمة، وعضلات صغيرة في المقدمة مثل: العضلة المشارية الأمامية في الأطراف، وعضلات رفع الأضلاع، والعضلة المشارية الخلفية العلوية، والعضلة الظهرية في المؤخرة. أنظر الشكل (421).



الشكل 4.21: منظر جانبي للمصدر. بعض العضلات المستخدمة في رفع الأضلاع في التنفس العميق.

والوجه الثاني للاختلاف يكمن في وتيرة «الأوتوماتيكية»، حيث تقوم بالشهيق والرفير ليلاً نهاراً، واعي، أو غير واعي، والعملية تحت سيطرة معكبة وتعتمد درجة

تغير الحجم وعمقه على الحاجة. لكنه يمكننا، على أية حال، ممارسة سيطرة إرادية أكبر على تنفسنا عندما نقرأ قصيدة أو نغني أغنية، فغالباً ما تكون وعين لصنع تغيرات أكبر في حجم الشهيق كي نحصل على ضغط هوائي كافٍ يمكننا من إتمام فترة طويلة دون انقطاع. وثالثاً: أن الزفير أثناء الكلام أسرع ولا يستهلك كامل الدورة التنفسية كما هو الحال في التنفس الهادئ، جاول غوييت تنفسك أثناء الراحة، وأثناء قراءة مقطع ما ربما لا تجد فروقاً هامة في أعداد التنفس في دقيقة واحدة وهي تتراوح بين 12 و 20. لكن النسبة بين الشهيق والزفير ستختلف على نحو ملحوظ. تكون النسبة في التنفس الهادئ 40% للشهيق و 60% للزفير، بينما تكون النسبة في الكلام حوالي 10% للشهيق و 90% للزفير. انظر الشكل (4.22) على الرغم من اختلاف النسبة بعض الشيء وفقاً للوسط.



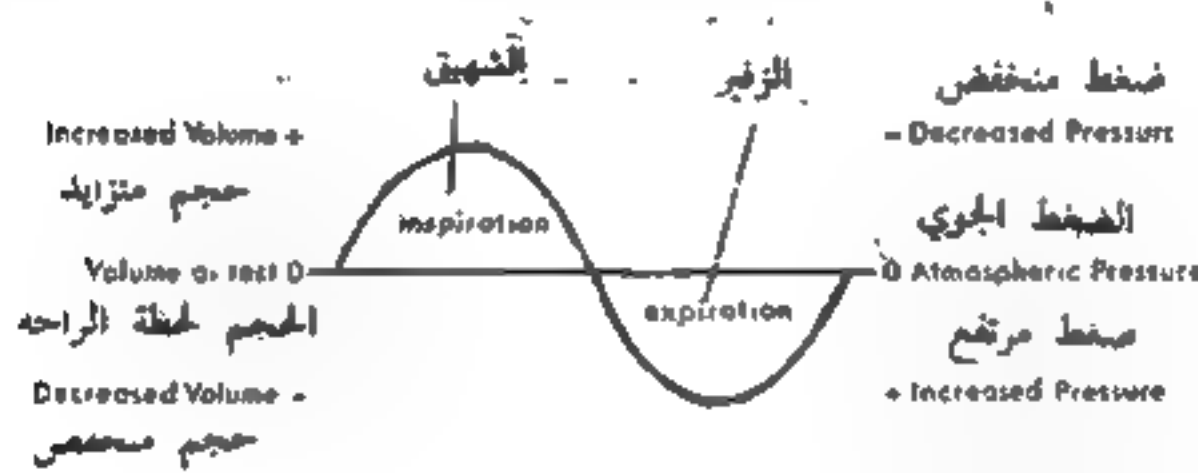
الشكل 4.22: مقارنة بين نسب الشهيق (I) والزفير (E) في الدورة التنفسية أثناء الكلام والتنفس الهادئ.

Expiration

الزفير

عندما يكون المزمار (الفتحة بين الحبال الصوتية) مفتوحاً في حالة الشهيق، يدخل الهواء من الخارج إلى الرئتين، وعندما يكتمل الجهد العضلي أثناء الشهيق (يعتمد ذلك على الضغط الضروري لتنفيذ المهمة المخطط لها) تكون هناك لحظة من التساوي بين ضغط الرئتين والضغط الخارجي. أما في حالة حجم صدري عالٍ نسبياً، فإننا نحتاج إلى قوة شهيق كبيرة للمحافظة على ذلك الحجم، وإن حاول المرء إرخاء العضلات

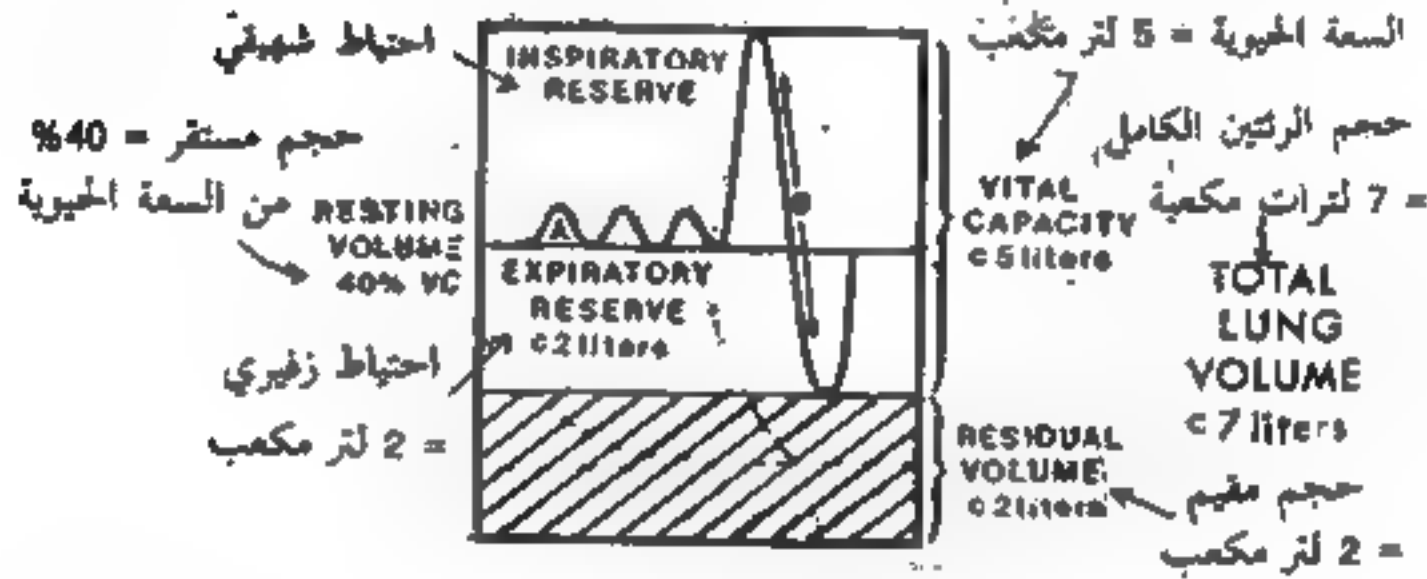
الشهيقية، فإن الهواء سيدفع على نحو مفاجيء نحو الخارج بسبب تراجع عضلات القفص الصدري. بحلول ذلك بنفسك، استنشاق بعمق من خلال توسيع قفصك الصدري وحجم الرئتين. ثم، وأنت تحافظ على حجم الهواء ثابتاً، إحبس نفسك، وافتح الممرات. إن كان الممرات مفتوحة، ويجب أن يكون ضغط الهواء أعلاه وأسفله متساوياً. وإن أنت حاولت لإرخاء العضلات الشهيقية (المنخفضة بعملية الشهيق) فإن الهواء سيدفع إلى الخارج على نحو مفاجيء بسبب ثلاثة عوامل سلبية: الانترداد المرن للرئتين والقفص الصدري (حيث تعود أنسجة الرئتين المتقلصة إلى وضعها الطبيعي)، وعزم الدوران الممثل في قوة عدم قتل الضخامف الملاحقة لعظم القفص، والجاذبية التي يمكنها أن تساعد في هبوط القفص الصدري. تسبب هذه العوامل الثلاثة السلبية تقليل حجم الرئتين والقفص الصدري. ووفقاً لقانون بويل، فإن نقصان الحجم يزيد في الضغط الداخلي مما يسبب اندفاع الهواء إلى الخارج. يوضح الشكل (4.23) ناظر تغيرات الشهيق والزفير بين الحجم والضغط. فلنحسب على زيادة في الضغط الزفير لا بد من تقليل الحجم الصدري.



الشكل 4.23: تغيرات حجم الرئتين والضغط خلال الشهيق والزفير.

يكون استبدال حجم الهواء قليلاً في الزفير الهادئ (حوالي 1/2 لتر تقريباً)، ويرداد استبداله في التنفس العميق للرافق للتمارين الرياضية العنيفة. يسمى حجم الهواء المستبدل في الشهيق والزفير الهادئ بـ «الحجم للاتي». يتنفس الناس بمعدل 12 - 20 مرة في الدقيقة في التنفس الهادئ، وتكون فترة الشهيق أقصر بقليل من فترة الزفير وإن

شهيق المرء أعمق شهيق وأصغر أقصى زفير أيضاً، فإن حجم الهواء في هذه الحالة يسمى بالسعة الحيوية. وتتصل مقدرة الإنسان الحيوية بجنسه (ذكراً أم أنثى)، وحجمه وعاداته التنفسية. وتبلغ المقدرة الحيوية الوسطية عند الإنسان حوالي خمسة لترات، ولكن متسلكي الجبال الضخام الجثث يمتلكون مقدرات حيوية أكبر حتماً من العديد من الناس الآخرين. أما نصف اللتر الذي يستبدل أثناء التنفس الهادئ فإنه لا يبلغ سوى 10% من الاستبدال الذي يمكن للمرء فعله، وبما أن ثمة تفرين إضافيين من الهواء المستقر الذي لا يمكن للمرء طرده، فلا يساوي الحجم المتني البالغ $\frac{1}{2}$ اللتر هندئاً، سوى 7% من الحجم الكامل للرتين. يزودنا الشكل (4.24) ببعض المصطلحات المتفق عليها، وكذا بأحجام الرتتين.



الشكل 4.24: تمثل (A) الشهيق والزفير أثناء التنفس الهادئ، والمثني. بينما تمثل (B) الشهيق والزفير الأعظمين. استخدمت المصطلحات القياسية المستخدمة في الأقسام المختلفة في الحجم الكامل للرتين.

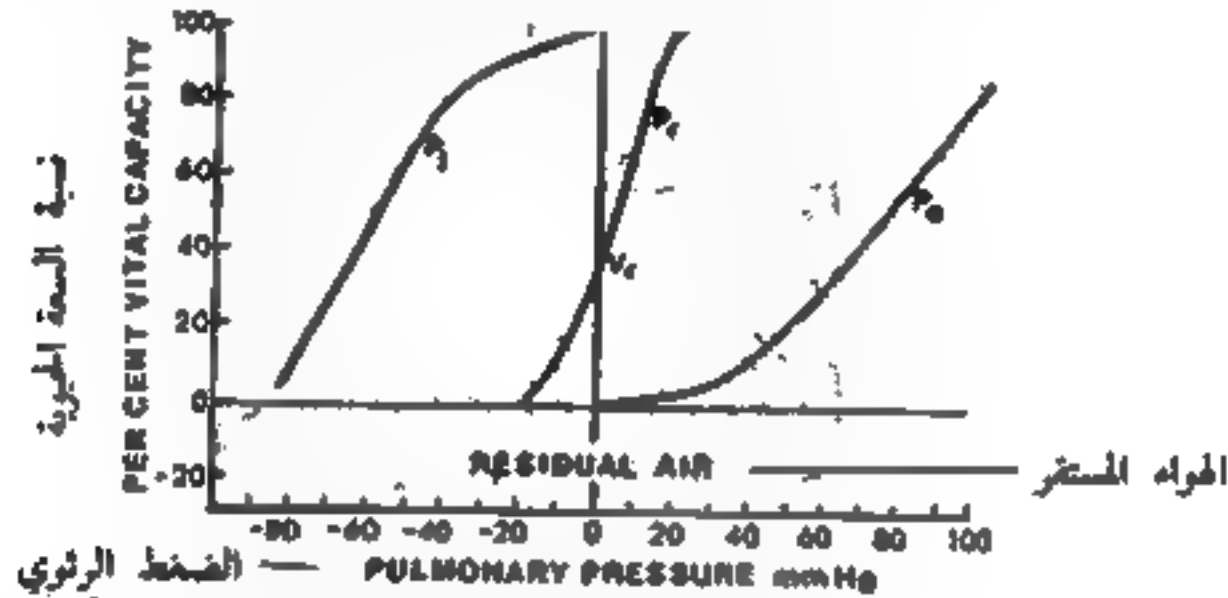
For Sustained Voicing

في الصوت الدائم

إن القوى الزفيرية السليمة الثلاث: المرونة، وعزم الدوران والجلدية، غير كافية وحدها لأداء نغمة موسيقية أو للتكلم. ويختلف الزفير أثناء الصوت عنه أثناء التنفس الهادئ، ويختلف الزفير أثناء الكلام عنه في الحالتين السابقتين (صوت، وتنفس هادئ).

وابتغاء المحافظة على ضغط ثابت لثناء نغمة موسيقية مغلقة بشدة ثابتة، تتخذ قوى الرئتين والفقرص الصدري الارتدادية بوصفها قوة أساسية خلفية يضاف إليها انقباضات عضلية نشطة ألها عضلات شهيقية وتليها عضلات زفيرية، فإذا سمع المعنى بتصرف القوى الزفيرية من دون مساعدة، فإن الرئتين مستهاران على نحو مفاجيء. ولئن يمكن المحافظة على النغمة الموسيقية. إن هدف القوى الشهيقية النشطة (انقباضات عضلية) هو تخفيف وتيرة خروج الهواء. وتطوع (تخضع) القوى العضلية الزفيرية. فيما بعد، لحجم صدري متناقص يقل عن الحدود التي يصنعها الارتداد المرن.

وأول من قدم رسماً بيانياً - للعلاقة بين الحجم والضغط في الصدر الإنساني - يظهر فيه عمل النظام التنفسي الشبيه بعمل الباص هو راهان وآخرون (Rahan et al) عام 1946. فلقد أظهر كيف يتغير الضغوط بتغيرات أحجام الرئتين. انظر الشكل (4.25).



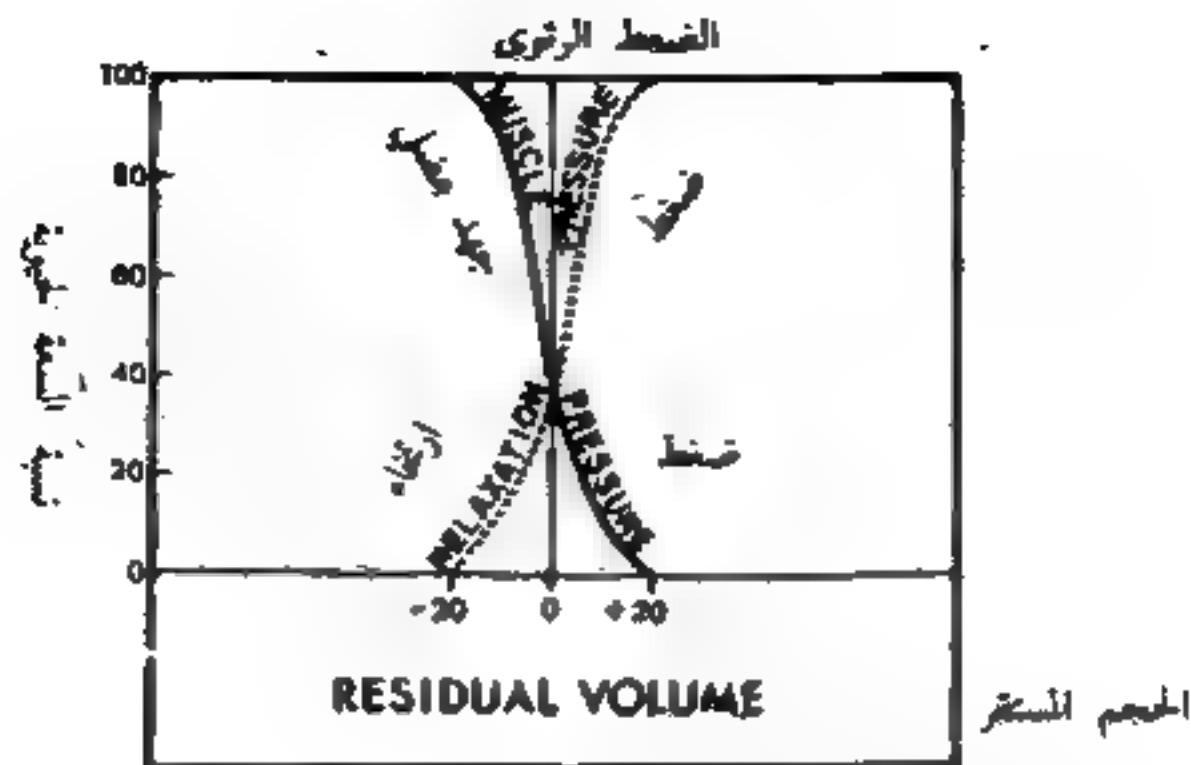
الشكل 4.25: مخطط حجم الضغط. تشير P_i إلى منحنى الشهيق الأعظمي، وتشير P_e إلى منحنى الإرتجاع، وتشير P_r إلى منحنى الضغط الزفيري الأعظمي. بينما تمثل V_r حجم الهواء المستقر (في الرئتين). (راجع النص لمزيد من الشرح).

عيّت الأحجام الرئوية على المحور العمودي مقلّدة نسبة من الفعالية أو المقدرة الحيوية. بينما عيّن قوس الضغط المرتفع (P_r) من خلال سؤال أشخاص أن ينضبطوا مع حجم رئوي معين ويقوموا بعد ذلك بفتح المزمار والإرتجاع. يقوم الناس بالزفير عندما

يكون الضغط الرئوي مرتفعاً لحظة إرتجاع العضلات، بينما يقومون بالشهيق عندما يكون الضغط الرئوي منخفضاً لحظة إرخاء العضلات. ولقد قيس الضغط الرئوي (الموجود على المحور الأفقي) وتسجل في كل حجم رئوي بنفسه. وفي حالة الأحجام الرئوية العليا، سجل ضغط إيجابي لحظة الإرتجاع. بينما سجل ضغط سلبي في وجود الأحجام الرئوية المنخفضة لحظة الإرتجاع. يمثل المنحنى على شكل S ناتجاً مشيراً إلى متوسط الضغوط التي أنتجتها قوى الشهيق والزفير السلية (غير العضلية).

تنفس بهدوء. يصل المرء في نهاية الزفير إلى جالتر من الإرتجاع يكون فيها التوتر بين القفص الصدري (الذي يحاول الاتساع) والرئتين اللتين تحاولان الانكماش متوازناً يحدث هذا بحوالي 40% من السعة الحيوية. ويمثل ذلك الحجم الإرتجاعي، وكما نعرف من تجاربنا، فإنه توجد قوة في الأحجام العالية تخلفها أساساً مرونة الرئتين في حالة الزفير. على نحو معاكس تماماً، نجد، في حالة الأحجام المنخفضة أن فاعلية ضغط الرئتين الإرتجاعي وقوى القفص الصدري الارتدادية شبيهة. فلو أنك، مثلاً، طردت كل الهواء الذي يمكنك طرده من الرئتين وفتحت الممرار، فإليك ستوجد قوة كبيرة تساعد على الزفير. حاول ذلك وسترى. يمثل منحنى هبوط الضغط هذا، إذاً، قوة أساسية ناتجة عن مرونة الرئتين والقفص الصدري بما في ذلك قوة الارتداد والجاذبية التي يمكننا استخدامها في التنفس، كي تساعد عضلاتنا على تغيير حجم الهواء. يمثل منحنى الضغط الشهيق الأعظمي الموجود إلى يسار منحنى الإرتجاع مجموع قوى الإرتجاع (أو الضغط الارتدادي) وضغط العضل الشهيق في أحجام رئوية مختلفة. وفي حال الضغط الرئوي المرتفع، لا يمكن للعضلات أن تضيق لقوى الارتداد سوى شيء بسيط. أما في حال لخفض المنخفض فتكون القوى التي تحدثها العضلات الشهيقية أكبر وتضاف إلى القوى السلية. وكذلك يمثل منحنى الضغط الأعظمي الواقع إلى يمين منحنى الإرتجاع مجموع إمكانية وجود قوة عضلية زفيرية كبيرة بوصفها في الأحجام الرئوية العالية.

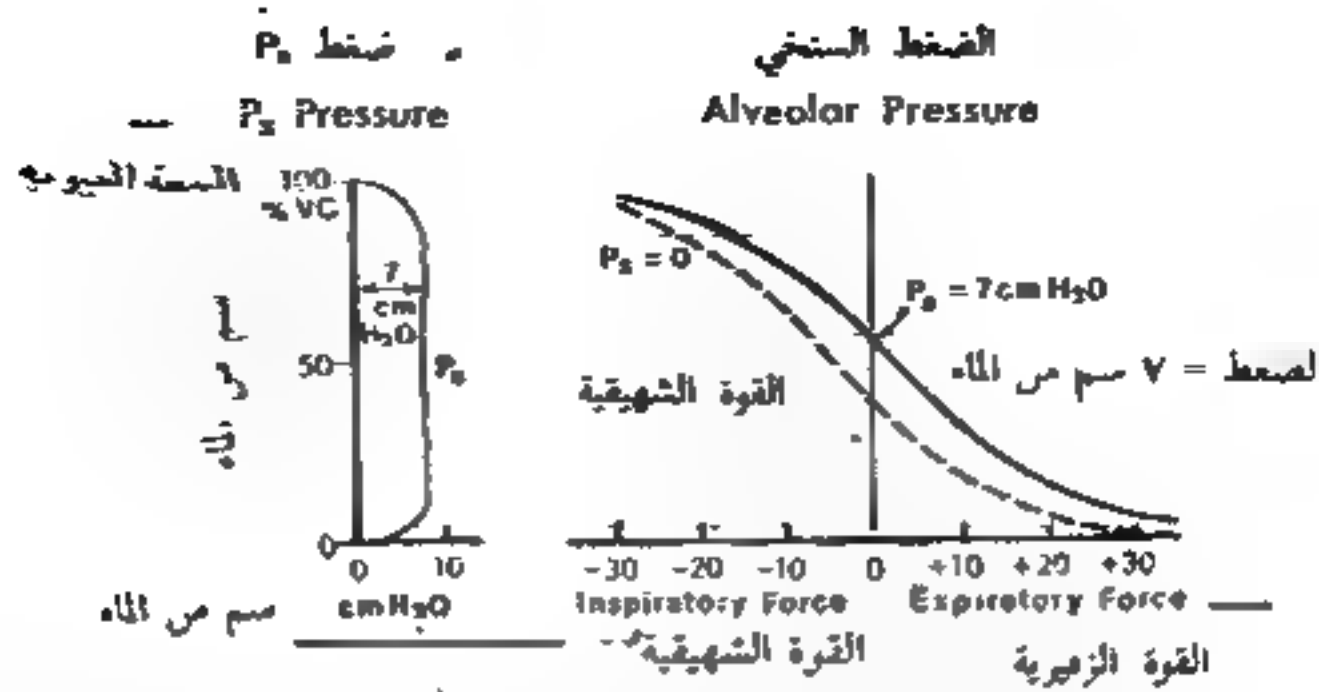
يظهر الشكل (4.26) صورةً لمنحنى الضغط الإرتجاعي موضحاً القوى العضلية الشطة (إما شهيقية في اليسار أو زفيرية في اليمين) التي يجب إنتاجها كي تتساوى القوى السلية في أحجام صدرية معينة أو محددة.



الشكل 4.26: الضغوط العضلية اللازمة في حجم وقوة مختلفة لموازنة ضغط القوى السلبية الارتفاعي.

تتغير علائق - الضغط والحجم - بعض الشيء عندما يكون المرء مستلقياً لأن محتويات التجويف البطني تنضغط، في هذه الحال، على الحجاب الحاجز وتزيد الضغط الرئوي.

يصور ميد، وياميز وبركتور (Mead, Bouhuys and Proctor) التحويرات التي تصيب قوة الارتداد الأساسية عندما يحول المطربون المحافظة على نغمة منخفضة، ولكن بشدة ثابتة. يضيف المني، في إبقاء أو محافظته على ضغط يبلغ 7 مستمرات من الماء تحت اللزمار (يقاس ضغط الهواء تقليدياً بالمسافة التي يقطعها عمود من الماء أو الزئبق) في نصف النغمة الأولى قوة عضلية نشطة للمضلات الشهيقية كي يضغط القوة الارتدادية. وبعد ذلك يبدأ في تقليص العضلات الزفيرية بقوة متزايدة. أنظر الشكل (4.27).



الشكل 4.27: القوى اللازمة للحفاظ على ضغط تحت حنجري ثابت في غناء نغمة ثابتة في أحجام رئوية مختلفة. يشير الخط المنقطع إلى الارتخاء أو المسح المرن في حالة مزمار مفتوح. بينما يشير الخط الصلب (غير المنقطع) إلى القوى العضلية اللازمة للحفاظ على ضغط تحتحنجري يبلغ سبعة سنتيمترات من الماء. يقوم المطرب في نصف العلة الأولى بمواصلة تنشيط العضلات بين الصلعية الخارجية والقسم الغضروفي الداخلي بين العضلات بين الصلعية الداخلية وإثارتها، ويقلل الانقباضات تدريجياً على نحو يحدث تناقصاً في الحجم الرئوي وحجم القفص الصدري بسلامة. إن وظيفة هذه العضلات هي «الفرملة» أو كبح قوى الارتداد. وبذلك تستخدم العضلات الشهيقية أثناء الزفير. وعندما يقترب الضغط الرئوي من الحالة التي يكون فيها ضغط الحرق الطبيعي 7 سنتيمترات مائية تمهيء العضلات الزفيرية نفسها لزيادة نشاطها كي تحافظ على ذلك الضغط مع تناقص الضغط الرئوي. يصوغ (مبد) هذه النقطة على النحو الآتي: يجب تغيير النشاط العضلي باستمرار حتى نحافظ على ضغط دون مراري ثابت في أحجام رئوية مختلفة

For Speech

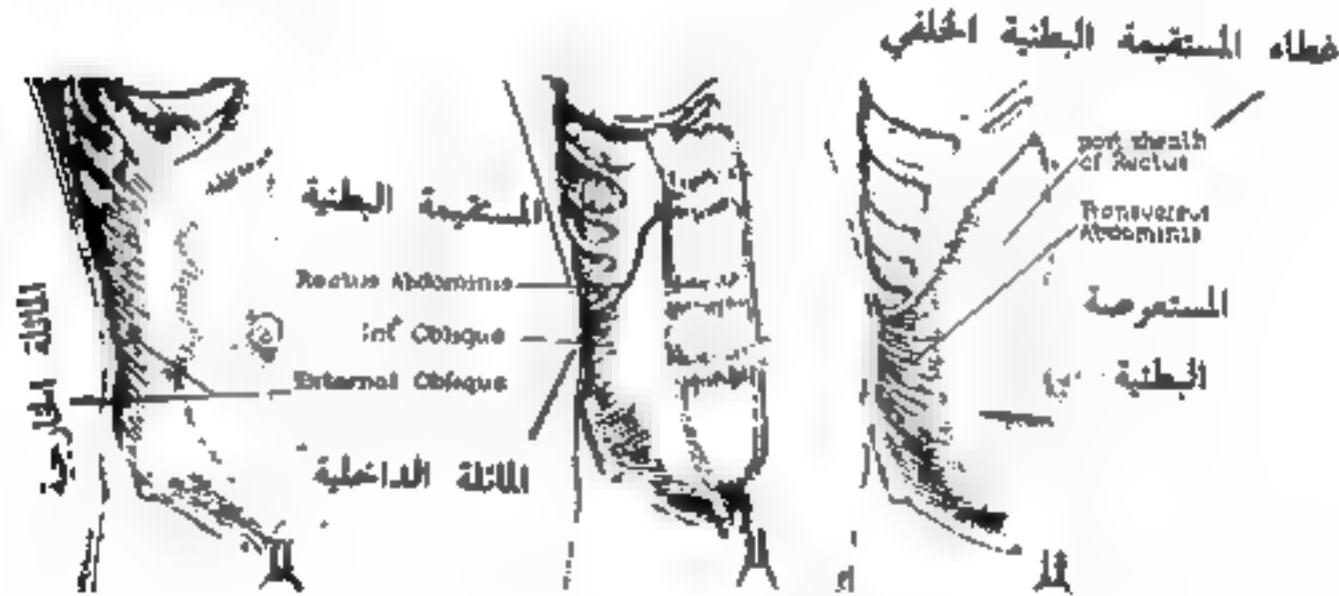
أثناء الكلام

إن عمل العضلات الشهيقية المستمر المراقب معادل الزفير، الذي شاهدهاء في المحافظة على غناء نغمة معينة، موجود أثناء الزفير الكلامي بوضوح. يلخص الجدول (4.2) عملية التنفس من خلال توضيح الأحداث ابتداءً من السعات المعصية إلى النتائج في ضغط الهواء وحركته.

حركة الهواء	تغيرات ضغط الهواء	الحركات	المغلاط	الأعصاب الثانوية	التأرجح
يستنشق الهواء عبر	المواء	انخفاض	التهبئية	الأعصاب الشوكية	السحج لمنطبل ← والمرنكر العصبية العليا
المجرى التنفسي	ضغط الهواء	زيادة عذوبة في الصدر	الحجاب الحاجز	عضلي و C ₆	
لعدالة الضغط	داخل الرئتين	وضع الأصابع	العضلات بين الصلابة	الأعصاب الصدرية	
	سطحي بالقلابة مع	للأجل والحارج، و	الخارجية		
	الضغط الجزيئي	تلف الأصابع ما بسبب	الأسام المقصورة الداخلية	T ₁₁ - T ₉	
		زيادة داخلية عظمية	للعضلات بين الصلابة		
		في جيب الصدر	الداخلية		
		سحط النفس للصدر			
		بسبب المرونة، والمرونة			
		والخلفية وصل الارتداد			
		تنفس الأصابع	الزفيرة، العضلات بين الصلابة	الصدرية T ₁₁ - T ₉	
			العضلات فطرية	الصدرية T ₁₀ - T ₁₂	
		مضط عذوبات للطن			
		عل اصعابت الحظير			
		وترفنه			
		يقل حسم التنفس			
		الصدرى			
					الجدول 4: عخط باسم الأحداث أثناء التنفس.

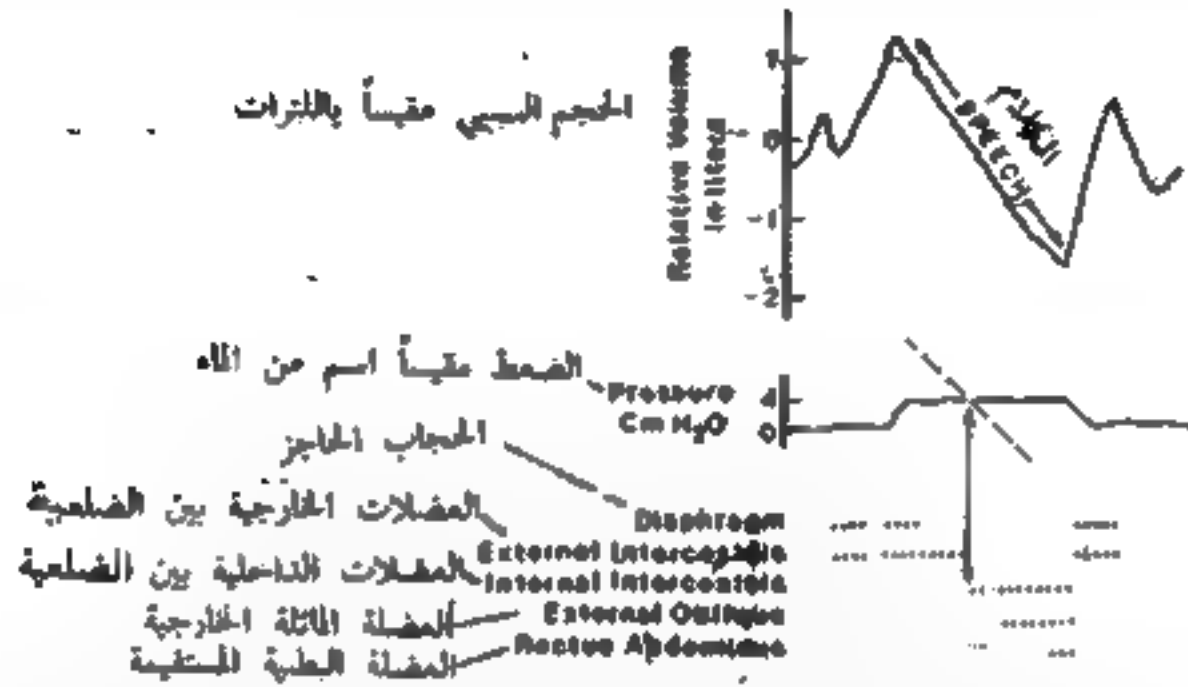
يمثل هذا المحط الأحداث الأساسية (المصدر) في التنفس. هناك المعلومات الحسية (الواردة) التي تُرسل للجهاز العصبي المركزي. وهناك أنظمة تقطعية إرجاعية ذاتية تشير إلى الحاجة إلى الأكسجين من التخاع للتنظيل. وهناك أيضاً ألياف عضلية متخصصة في العضلات التنفسية تستجيب لامتداد العضلات. تقوم هذه العوامل مجتمعة مع الإحساس بتمرير الهواء داخل المجرى التنفسي بمساعدة للتنفس للسيطرة على التنفس لإرادياً أو لا إرادياً

تعصب أعصاب الحبل الشوكي العضلات الزفيرية، وتعصب الأعصاب الصدرية ($T_{11} - T_{12}$) العضلات بين الضلعية الداخلية، والأقسام الداخلية المعوية التي يقلص بعضها لتقصير المسافة بين الأضلاع من خلال الضغط عليها، من ثم يتم تقليل الحجم الصدري. وتكون العضلات البطنية نشطة في الزفير المطول، لأن انقباضها يضغط على محتويات البطن مما يعمل الحجاب الحاجز على الصعود إلى الأعلى. أما العضلات البطنية الرئيسة المستخدمة في الزفير فهي: العضلة المستقيمة البطنية، والعضلات الداخلية والخارجية المائلة، والعضلة المستعرضة البطنية. انظر الشكل (4.28).



الشكل 4.28: منظر أمامي للعضلات البطنية المستخدمة في الزفير

سجل درابر (Drapar) ولادا فوجد (Lada Foged) و وايتريدج (Whitteridge) النشاط العضلي للمضلات الشهيقية (بين الضلعية الداخلية، والعضلات البطنية) أثناء تكلم من خضع للتجربة. يوضح الشكل (4.29) الضغط الهوائي والنشاط العضلي وقد قيا عندما كان الشخص الذي خضع للتجربة يبتد من 1 إلى 32 بجهازاً المحددة العادية:



الشكل 4.29: الحجم الرئوي النسبي، والضغط الهوائي التقديري والنشاط العضلي أثناء الكلام. ينحصر النشاط العضلي من الشهيق إلى الزفير عندما يقل الحجم الرئوي للحفاظ على ضغط تحتجبري. أشير إلى العضلات النشطة في أسفل الشكل.

منشرح تقنية تخطيط العضل الكهربائي في الفصل السادس. لاحظ أن الضغط يسط تدريجياً. تستمر العضلات الشهيقية في الانقباض مخففة نشاطها تدريجياً. وتدفع العضلات الشهيقية، تساعد قوة ضغط الارتخاء أو مرونة النظام التنفسي، تدريجياً نحو تقليل أكثر في الضغط الرئوي مطولة بذلك أمد الزفير.

يختلف الزفير أثناء الكلام عن الزفير في غناء النخمة المطولة بسبب إضافة العديد من العوامل. وتتغير الشدة الصوتية باستمرار أثناء الكلام بسبب تأكيد بعض الجمل، والعبارات، والكلمات والمقاطع. ومن أجل زيادة شدة الصوت الكلامي يجب على المتكلم زيادة الضغط التحتجري. فلمن سئل المثال يمكن للمرء أن يلعب خلال زفير واحد الآتي، ويُنبر الكلمات أو المقاطع التي وضع تحتها خط:

«The quality of mercy is not strained but droppeth as the gentle rain from heaven upon the place beneath». كان ستستون (steston) أول عالم صوتي يؤكد إسهام العضلات التنفسية في الكلام. فقد اعتقد، رغم أن عضلات الصدر والبطن الكبيرة هي التي تسهم في عملية الشهيق، أن العضلات بين الضلعية الأصغر (العضلات بين الضلعية الداخلية) هي التي تصدر النبضات الصغيرة التي توصل فوق التيار الهوائي. لقد ربط ستستون بين النبضات والمقاطع، لكننا إن حوَرنا ذلك المهتم وربطنا انقباضات العضلات بين الضلعية الداخلية الإضافية بالنبرة منجد، عندئذ، موافقة عامة له. بينما تتضمن العضلات البطنية، من أجل الحصول على قوة زفيرية إضافية أكبر في الألفاظ الشديدة البر والألفاظ الطويلة.

تصدر المقاطع المنبورة بسبب زيادة محتملة في عوامل ثلاثة: الفترة، والتردد، والشدة. يسيطر على الشدة الصوتية الضغط التحتجري ويتزايد بوصفه دالة بين قوتي ضغط الهواء التحتجري الثالثة والرابعة:

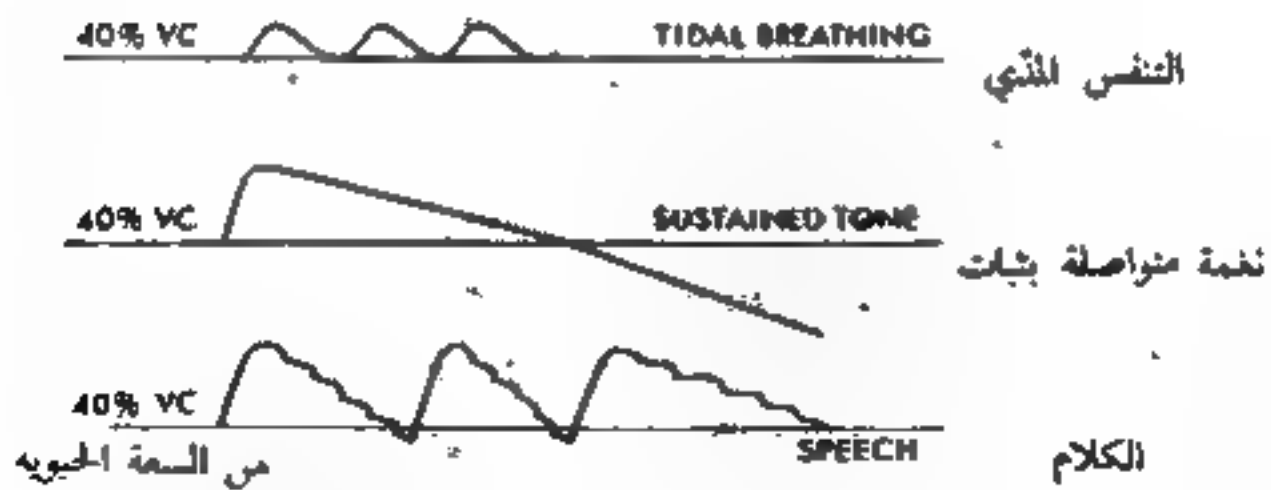
$$T = P_3^3 \text{ or } P_4^4$$

يزدي اختلاف صغير في الضغط إلى اختلاف كبير في الشدة. فلو تضاعف الضغط التحتجري مرة واحدة فلسوف تضاعف الشدة الصوتية بين 8 و 16 مرة ($2^3=8$, $2^4=16$) ويساوي ذلك زيادة في الشدة الصوتية قدرها من 9 إلى 12 ديسيبل. وقد أظهر لادا فوجد أن زيادة الضغط التحتجري لا ترتبط غالباً بصوامت معينة في اللغة الإنجليزية، بل يستمر النظام التنفسي أثناء الكلام بالتزود بضغط ثابت تقريباً في أي لفظ من الألفاظ. إن المتع والإعلاق عند فتحة المزمار وقسي المجرى الصوتي فوقها مما اللذان يغيران تدفق الهواء والضغط الهوائي عندما تقيها في الفم في الأصوات الكلامية المختلفة، والبدأ نفسه هو المسؤول عن دويجات الصوت المختلفة. وقد برهن بيتسل

(Netset) على وجود ضغط تحتخنجري غير متبدل في الصوتين المتشابهين /d/ (مرافق بدنية في الحبال الصوتية) و /v/ (غير مرافق بدنية في الحبال الصوتية) يسبب يحدث التمييز بينهما عند الحجرة وفي المناطق فوق الحنجرة وليس في كمية الضغط المؤثرة أو الموجودة تحت الحنجرة. ففي الكلام السريع (العادي) تتناوب المقاطع المسورة مع غير المسورة، وتصدر الشدة الصوتية الإضافية التي تشكل سعة من سمات المسورة من خلال زيادة ضغط الهواء تحت الحنجري عن طريق الجهاز التنفسي.

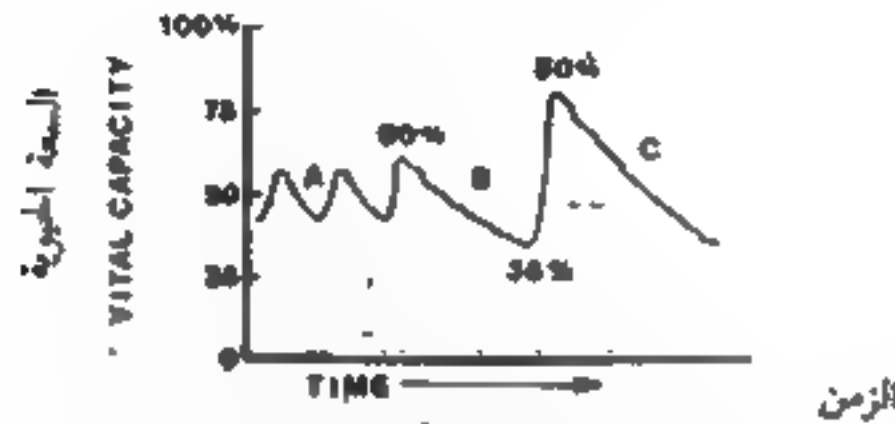
واختلاف آخر بين الزفير الكلامي والزفير في غناء نغمة معينة أو الزفير التنفسي الهاديء هو أن تجمعات العبارة هي التي تقرر فترة الزفير. يمكن للمتكلم في قول: "I'm nobody. who are you? Are you nobody too?"

أن يستخدم فترة زفيرية واحدة أو ربما فترتين. يقرر النص، جرئاً، الوقوف من أجل التنفس. لكن أميلي ديكنسون (Emily Dickinson) لا تريد منا حتى أن نغزق عبارتها ونأخذ نفساً بعد «Who». يعتمد التغيرات والتجويرات في الفترة الزفيرية على ما يقال، الشكل (4.30). ويتج عادة في فترات طويلة نسبياً في القسم الزفيري من الدورة التنفسية. فلو رغب المتكلم بإنهاء عبارة طويلة من دون توقف، فعالباً ما يستمر في تقليص العضلات الزفيرية مستخدماً بعضاً من احتياطة الزفيري حتى على حساب راحته.



الشكل 4.30: الحجم الرئوي بوصفه دالة زمنية في عدة حالات تنفسية مختلفة.

وخلاف آخر بين التنفس الهادي والتنفس من أجل الكلام هو حجم الهواء المصروف إذ إن مستخدم خلال التنفس الهادي العادي 10% فحسب من سعته الحيوية. على سبيل المثال. يمكننا أن نستشق إلى حد يبلغ 55% من سعته الحيوية ونطرد 40% فحسب ويذهب مكسون (Hixon) إلى أننا نستشق في الكلام التحادثي حتى 60% من مستوى سعته الحيوية تقريباً، ولا تأخذ نفساً آخر حتى نصل مكان توقف تقريبي قريب من مستوى الرفير العادي الذي يتراوح من 30% إلى 40% من سعته الحيوية. ولذلك فإن نستخدم حوالي 25% من سعته الحيوية حيث تتراوح الفترة الرفيرية من 40% إلى 60% من سعته الحيوية. أنظر الشكل (4.31).



الشكل 4.31: تمثل (A) تغيرات الحجم الرئوي أثناء التنفس الهادي. بينما تمثل (B) التغيرات أثناء الكلام التحادثي. في حين تمثل (C) تغيرات الحجم الرئوي أثناء الكلام المرتفع.

ولذلك يبدو، خلال ما عليه الحال في بعض الملل التنفسية الجسدية، أن الصعوبات المتعلقة ببعض الملل التنفسية الشائعة وأسبابها وطرق علاجها لا تقع ضمن الحاجة إلى قوة هوائية أكبر لأننا لا نستخدم في الواقع سوى الربع الأوسط من سعته الحيوية في الكلام التحادثي. وأغلب الظن أن تلك الصعوبات هي صعوبات تقع في إطار ضغط التيار الهوائي ونمونه.

فعالاً ما يضعف التيار الهوائي في الصعوبات اللفظية في استخدام غير فعال للقدرة، وليس بسبب نقص في كمية الهواء. ويعود عدم انتظام الأنماط التنفسية عند

المتكلمين الصم إلى شواذ في الحبال الصوتية، وشواذ في تحريك الجهاز الصوتي للنيار الهوائي، وكذلك إلى شواذ في ابتداء الصوت. ويمكن ملاحظة شواذ تنمسية أيضاً في الأنماط التي يصدرها متكلمون يعانون من اضطرابات عصبية (الشلل الدماغي على سبيل المثال). وتظهر شواذ أيضاً في صورة نقص في التنسيق بين الأنظمة التنمسية الدنيا والأنظمة التنمسية العليا في الألفاظ المتأخرة عند المتكلمين الذين يعانون من «لعافاة» ويبدو هنا أن المشكلة ليست في عدم المقدرة على تغيير الأحجام الرئوية المناسبة لتغيرات الضغط، بل هي على الأغلب، مشكلة تقع في القيام بالمقاومة المناسبة للتيار الهوائي في الحبال الصوتية أو في الجهاز التنفسي الأعلى. وقد يقوم متكلم يعاني من خلل دماغي بتقليص العضلات البطيئة في الوقت نفسه الذي تنقبض فيه العضلات بين الضلعية الخارجية وهو يستنشق. يبدو ذلك متاخرة متعاكسة تماماً على الرغم من انتصار العضلات بين الضلعية الخارجية في هذه الحركة (يستنشق عادة). ويمكن للمرء أن يلاحظ عند المتنفسين، غير النفاثين، رغبة أو ميلاً إلى بذل قدرة عضلية أكبر أثناء رفع عظم القص والقفص الصدري العلوي (الذي يسمى أحياناً، التنفس الترقوي) في حين أنه لو استخدمت القدرة نفسها في عضلات مختلفة لأمكن رفع القفص الصدري السفلي وتحقيق امتداد أو توسع صدري أكبر. لكنه يبدو أن الناس الذين يتمتعون بكلام عادي يختلفون بدرجة كبيرة في موقع الحركات الأكبر، عندما تكون في منطقة البطن والحجاب الحاجز أو الصدر العلوي.

Phonation النطق (إصدار الأصوات الكلامية)

تحويل الضغط الهوائي إلى صوت Conversion of air pressure into sound

يشكل الهواء المنطرد من الرئتين مصدر الكلام الأساسي، لكن أعمال الممرات الهوائية العليا هي المسؤولة عن تحويل القدرة الهوائية إلى ذبذبات مسموعة من أجل الكلام. وكما ذكرنا مقدماً، يستخدم المتكلمون أسلوبين في تحويل الهواء إلى أصوات كلامية. يضم الأول استخدام الضغط الهوائي في ذبذبة الحبال الصوتية المرنة الموحدة في الحجرة مسيياً إصدار موجة جيئة دورية (ذات غمط)، بينما يتطوي الأسلوب الثاني عن السماح للهواء بالخروج إلى المجرى الصوتي من خلال الحنجرة والممرات بين الحبال

الصوتية والفضاء الخارجي) حيث ينتج عن التحويرات المختلفة لتيار الهواء أصوات صحيح، وهسهسة أو دقات أو تجمعات من هذه الأصوات غير الدورية (دونما نمط متكرر من الذبذبة). يسمى الأسلوب الأول (الصوت - voicing)، وهو النمط الصوتي الأول وتحويراته ما ستناقشه أولاً.

نظرية التصويت التحريكية المرة Myoelastic Aerodynamic Theory of phonation

تتألف الحبال الصوتية من تنوء رقي الشكل مؤلف من عضل، ووتر، وغشاء مخاطي يقع خلف فمحة آدم أو الغضروف الدرقي متجهاً نحو الأمام والخلف. ويمكن لقساوة الحبال الصوتية ومرونتها أن تختلفا، فيمكن أن يكونا نخبين أو نحيفين؛ طويلين أو قصيرين، أو أن يوضعا في مواقع وسط؛ بحيث يمكن رفعها أو ضغطها في علاقتها العمودية مع التجاويف الأعلى. تحدث كل هذه التعديلات والتغيرات في الكلام العادي بمعدلات سريعة عالية. وما هذه التغيرات الديناميكية في أساليب الحبال الصوتية إلا نتيجة تغير تطوري من مصرة بسيطة أو آلية صمام بسيطة من أشكال الحياة الدنيا إلى الخنجرة البشرية التي تنقسم فيها العضلات التي تسيطر على الحبال الصوتية إلى عدة مجموعات كل بوظيفتها الخاصة بما يسمح بطيعة واسعة من التعديلات.

تكون الحبال الصوتية في أسلوب تصويت عندما تكون متضاربة ومتذبذبة. وقبل مناقشة التراكيب الخنجرية ووظائفها أثناء التصويت، يمكنك أن تحصل على فهم سريع لفيزيولوجيا الحبال الصوتية من خلال إنتاج فبذبة الشخفين الحمرودة (Bronx Cheer) في الولايات المتحدة الأمريكية و (raspberry) في بريطانيا. تأكد من خلوتك، وضع شفئك على نحو متهر مع الحبال الصوتية مصدرة فبذبة مصنوعة بسبب ضغط الهواء القادم من الرئتين. إن الصوت الذي نسمعه هو صوت الهواء الخارج في دقات سريعة وليس صوت تحول الشفتين. ومن الواضح أن ضغط الهواء هو الباحث على تحويل الشفتين، وليس عضلات الشفتين، ومع ذلك يجب وضع الشفتين على نحو يتقاربان فيه وفي درجة مناسبة من الشدة حتى نحصل على الفعل المطلوب. قم بالتجربة نفسها ولكن بشفتين مفتوحتين قليلاً أو مشدودتين قليلاً، وستبوء محاولتك بالفشل حتماً. فعل الرغم من

سهولة ملاحظة (Bronk Choir) لكن لم تتم الموافقة على قبول مدى عمل الحبال الصوتية على التوالي نفسه إلا مؤخراً.

كان الاعتقاد السائد في منتصف القرن التاسع عشر أن الحبال الصوتية تهتز كالأوتار تماماً مصدرة ذبذبة في الهواء مباشرة وحتى أمد قريب، في عام 1950، اقترح هسون (Husson) في نظريته «العصية - الزمنية» أن الحبال الصوتية تهتز نتيجة نبضات عصبية في العضلة العظمية، وليس نتيجة عمل الهواء للطرود من الرئتين في الحبال الصوتية. لكن النظرية البارحة المقبولة حالياً حول النطق هي التي اقترحها أساساً هون هيلمهولتز و مولر (Muller) في القرن التاسع عشر، ووضحت ووضعت في سلسلة من البحوث في الخمسينيات، وهي نظرية التصويت التحريكية المرنة، والكلمة الأساسية في هذا المصطلح هي التحريكية. إذ تتحرك الحبال الصوتية وتثار نتيجة تيار الهواء القادم من الرئتين وليس بسبب نبضات عصبية. ونشير كلمة «المرنة» إلى الطرق التي تغير العضلات فيها مرونتها وتشدتها كي تحدث تغيرات مؤثرة في التردد والذبذبة.

يشار إلى عدد المرات التي تنفتح الحبال الصوتية فيها وتنغلق في الثانية بتردد ذبذبة الحبال الصوتية، ويقرر تردد ذبذبة الحبال الصوتية «التردد الأساسي» وهو أدنى ترددات الصوت الصادرة مباشرة. يمتلك الرجال أصواتاً ذات تردد أساسي (F₀) وسطي يبلغ 125 هرتز تقريباً. أما النساء فيملن إلى إصدار صوت ذي تردد أساسي يزيد عن 200 هرتز، أما الأطفال فيزيد ترددهم الأساسي عن 300 هرتز. يمثل حجم الحبال الصوتية أحد مقرري التردد الأساسي، وعمل قدر ما يكون الجسم المتذبذب في الحبال الصوتية كبيراً يقل التردد وهناك تناسب عكسي بين حجم الحبال الصوتية والتردد الأساسي). يمتلك الرجال حبالاً صوتية أكبر من الحبال الصوتية عند النساء عامة. ويتراوح طول الحبال الصوتية عند الرجال بين 17 و 24 ملم، بينما يتراوح طول الحبال الصوتية عند النساء بين 13 و 17 ملم تقريباً. فلو كان هنالك زوج من الحبال الصوتية لها طول ووزن محدّدان فإنه يمكن للمرء، عندئذٍ، أن يضع كيف تردد الذبذبة على نحو ملحوظ، من خلال تطويل الحبال الصوتية وشدها ومن ثم يقلل تأثير الكتلة. يمكن إعادة مد الحبال الصوتية بطول يتراوح بين 3 و 4 ملم. ويتأثر المقيّمون على امتلاك ثمانية (two octaves) (يبلغ كل ثمانية ضعف التردد الأسبق). ويمكن لصوت منخفض أن يبط إلى حوالي 80 هرتز،

ويمكن لصوت شعري غنائي مرتفع أن يزيد في تردده عن كيلو هرتز. وهكذا يرى أن العمل العضلي مهم في ضبط الصوت حيث تعمل العضلات على التقريب بين الحبال الصوتية، ومن ثم تستطيع التذبذب، وتقوم العضلات أيضاً بتنظيم سمك الحبال الصوتية وشدتها كي تغير التردد الأساسي.

إن النقطة الأساسية التي تكمن وراء النظرية المرنّة هي أن مقررات دورة الدبنة حركية. حيث يفتح الهواء إلقدام من الرئتين الحبال الصوتية في كل ذبذبة، وتعلق الحبال الصوتية في كل دورة أيضاً بسبب مرونتها المروية والمبوط المفاجيء في ضغط الهواء المفاجيء بين الحبال الصوتية عندما يمر الهواء بسرعة في فتحة الممرار.

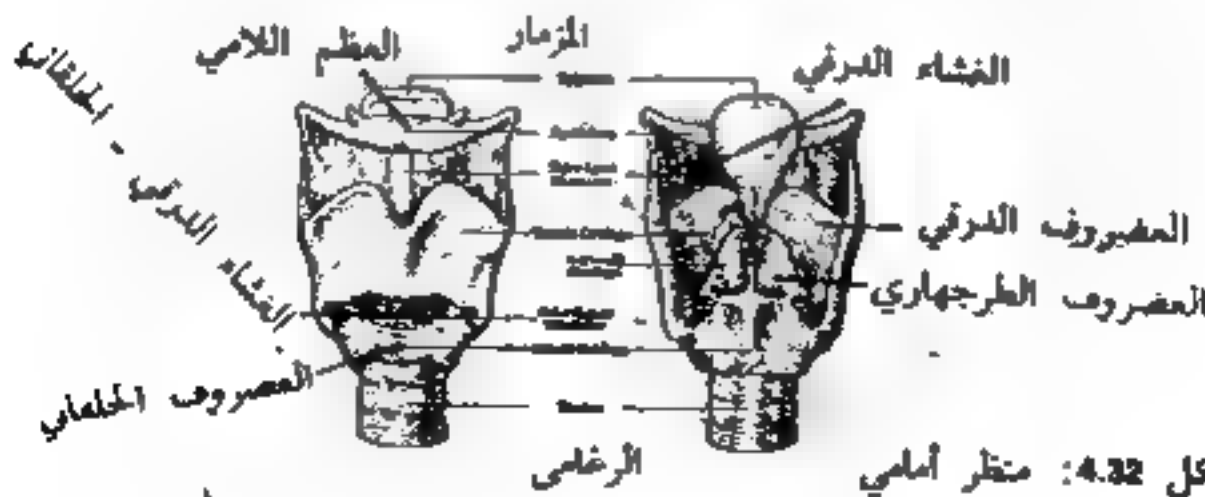
يتطلب شرح تفاصيل عملية التصويت معرفة تشريحية بالحجرة. وسنقتصر في هذا النص على ذكر التشريح اللازم لمهم أساسي لوظيفة الحبال الصوتية في الكلام.

Framework Of Larynx

هيكل الحنجرة العام

نستخدم الحنجرة، فضلاً عن استخدامها في الكلام، في ضبط تيار الهواء الداخل إلى الرئتين والخارج منها والذي يزود الجسم بالأكسجين، ونمنع دخول الطعام والماء أو المواد الأخرى إلى الرئتين، ونساعد في البلع، وكذلك في بناء الضغط اللازم، في القنص الصدزي، كالسعال، والتقيؤ والتغوط ودفع الأشياء الثقيلة.

تعلق الحنجرة بالعظم اللامي، وتوضع على قمة الرغامى الشكل (4.32).



الشكل 4.32: منظر أمامي وخلفي للحنجرة.

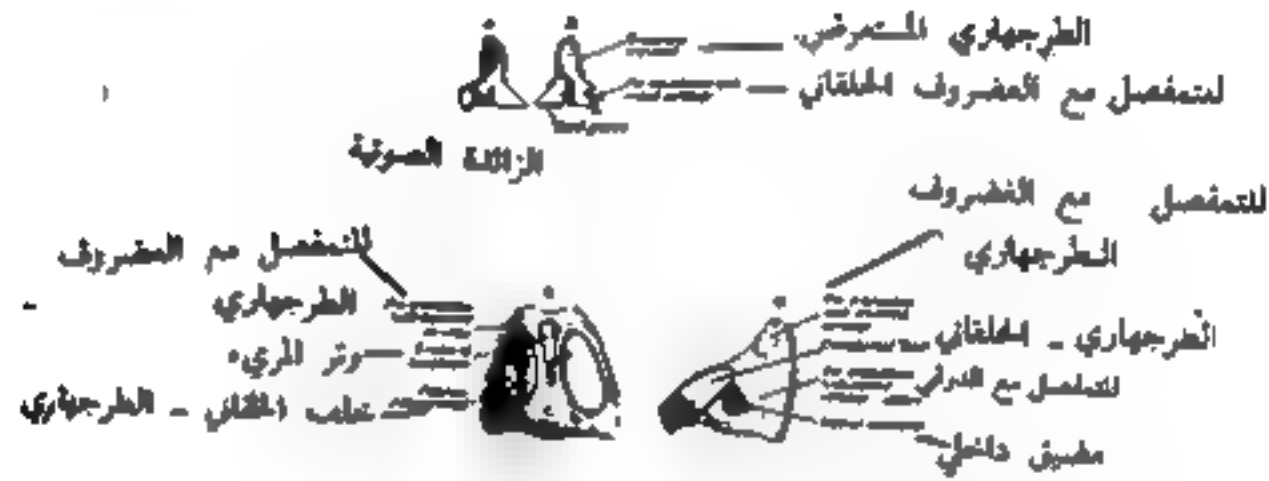
وتتكون الرغامى من سلسلة من العصاريف على شكل حافر القرمس نفسها المفتوح نحو الخلف، وتتوضع في قاعدة الرقة، بينما يعوم العظم اللامي تحت الفك وأفضل طريقة لتحسسه هي إمالة الرأس نحو الخلف قليلاً، ولكونه مؤلفاً من عظم صغير على شكل حافر القرمس يمكن تمييزه عن العصاريف بفعل قساوته. يقع بناء الحنجرة أو هيكلها أمام البلعوم السفلي الذي يقود هو نفسه إلى المريء فالبلعوم، ولذلك يجب أن يمر الطعام والسوائل فوق مدخل الرتين كي تستطيع الدخول إلى مدخل المعدة. وذلك ترتيب غير فعال في ظاهره، وهو المكلفة المدفوعة من أجل تثبيت الحنجرة بوصفها مصدراً أساسياً للكلام. وأثناء البلع يقوم غضروف على شكل ورقة، وهو اللهاة، بتغطية مدخل الحنجرة. لذا في بعض الحيوانات الأخرى، فتقع الحنجرة في منطقة عالية من البلعوم، ويمكن دمجها مع الممرات الأنفية. وفي تلك الحالة تمر السوائل والطعام من العم حول أطراف الحنجرة على نحو مباشر نحو المريء من دون أي خطر من دخولها القصبة الهوائية.

تتألف الحنجرة من أنبوب مؤلف من غضاريف تتصل بربطات وأغشية رابطة، وتغطي بغشاء مخاطي. تشكل المنطقة المخلفة فراغاً على شكل ساعة (أنظر الشكل 4.33) وله دهليز يقع فوق مجموعتين من الشيا أو الأوتار: الأوتار الكاذبة، والحبال الصوتية الصحيحة المستخدمة في الصوت. تشكل الحبال الكاذبة تضيقاً ثانياً فوق الحبال الصوتية تماماً. يسمى الفراغ العمودي بين مجموعتي الحبال بالتنجيف البلعومي، ويسمى الفراغ الأفقي بين الحبال الصوتية الصحيحة بـ والمزمار. ويتوسع الفراغ تحت الحبال الصوتية داخل بناء الغضاريف.



الشكل 4.33: مقطع لامي في الحنجرة. لاحظ المضيق التي تشكلها البطينات الكاذبة والحبال الصوتية الصحيحة في الأسفل.

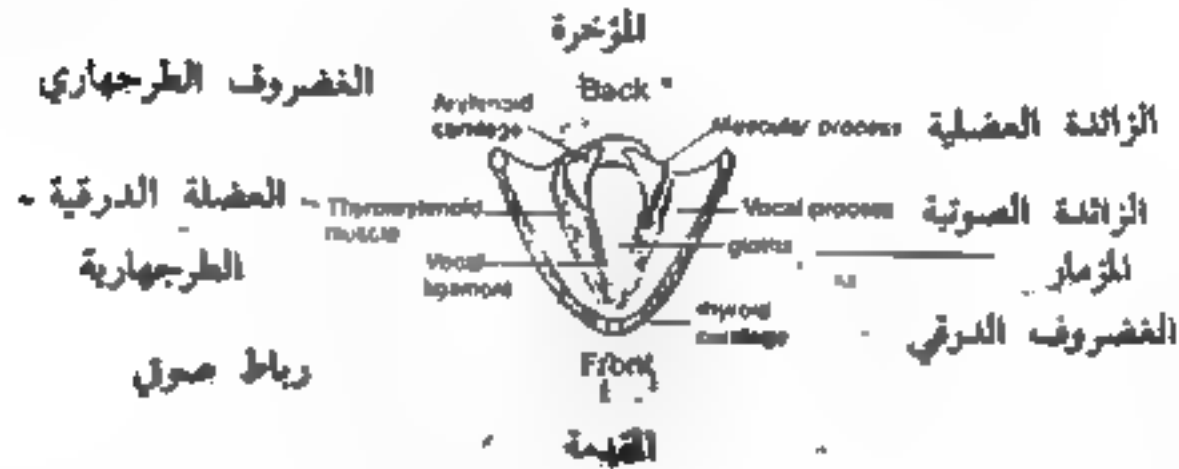
إن العضلات التي تعمل على حفظ الفراغ الخنجري وتدعم العضلات التي تنظم تغيراته هي الدرقى، والطرجهاري. وسمي العضروف الحلقاني بذلك لأنه يشبه حلقات الخاتم، ويمكن اعتداده غمّاً زائلاً لخاتم الرغامى، وهو يشكّل الحلقة العليا من الرغامى، يميزه الصحن الكبير (الصحيقة) في المؤخرة على عكس حلقات الرغامى المفتوحة من الخلف وتشكّل القُدعة، الضيقة وجوانب العضروف القومى، بينها تشكّل الصحيقة المريضة في المؤخرة الجريء. التشبيه بالخاتم الذي يطل على الخلف. أنظر الشكل (4.24).



الشكل 4.24: العضروفان الطرجهاري والخلقاني. تمثل (A) العضروف الطرجهاري الأيسر، مظهراً من الوسط بينما تمثل (B) في اليمين العضروف الطرجهاري، مظهراً من الوسط. تمثل (C) العضروف الحلقاني، منظر خلفي. وتمثل (D) العضروف الحلقاني، منظر سطحي جانبي. تشير إلى نقاط الوجل العضلية بمحيط غامقة.

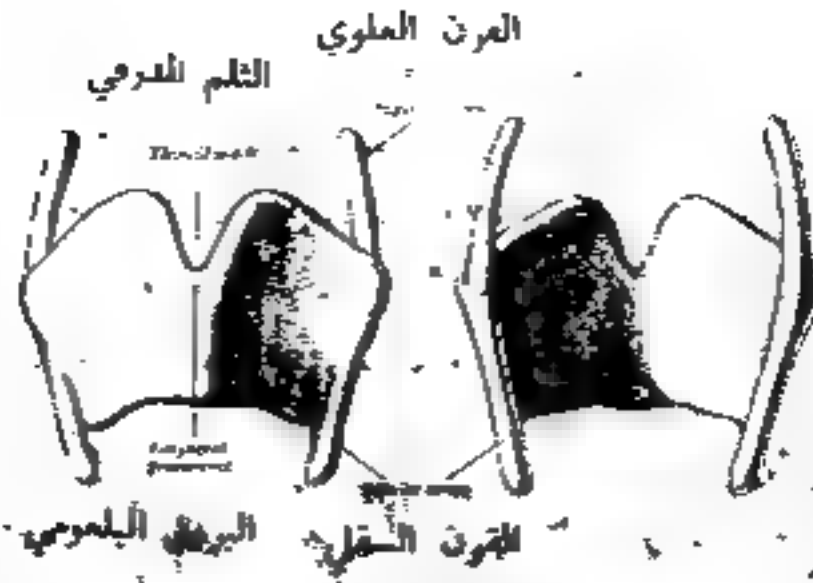
على الرغم من أن الحبال الصوتية لا تتصل بالعضروف الحلقاني، فإنه يتم فصل مع ثلاثة عضلات تدعم الحبال الصوتية وهي: العضروف الدرقى، وإثنان من العضلات الطرجهارية. والعضلات الطرجهارية هزجة الشكل تقريباً ويتم فصل مع

المصروف الخلفاني من خلال انخفاضات بيضوية في وجوها الداخلية تناظر الوجوه الصغيرة المحددة في الصحيفة العليا الخلقانية. وعندما تكون المصارييف الطرجهارية في مكانها، يمكن لإسقاط صغير حل قاعدة كل غضروف (الزائدة الصوتية) أن يتجه نحو الداخل، وهو نقطة الوصل للرباطات الصوتية مع حبالها المصلة بها. تمتد الرباطات الصوتية والعضلة الدرقية - الطرجهارية التي تتصل بها بين زائدة المصارييف الطرجهارية الصوتية في المؤخرة وزاوية الغضروف الدرقي العميقة في المقدمة. أُنظر الشكل (4.35)، يسمّى الامتداد الأكبر لقاعدة كل غضروف طرجهاري بالزائدة العصلية لأنه يتصل بثلاث عضلات مهمة في تنظيم مكان الحبال الصوتية. تمتد الزائدة العصلية نحو الداخل وعلى نحو جانبي نسبياً.



الشكل 4.35: منظر علوي للحنجرة يظهر العلائق بين المصارييف الطرجهارية، والدرقي والخلفاني والعضلة الدرقية - الطرجهارية.

وقد سُمي المصروف الأكبر، المصروف الدرقي، بذلك لأنه يشبه القوقعة، ويقع في اتجاه داخل المصارييف الطرجهارية التي يطوق أطرافها، وإلى أعلى المصروف الخلفاني المتمثل بالصحيفة الخلفية الحلالية الشكل التي يطوقها أيضاً. وهو يشكل زاوية في المقدمة أكثر حدة عند الرجال (90°) منها عند النساء (120°)، ومن هنا أتت وتفاحة آدم، بدلاً من وتفاحة حواء. هناك ثلث (الشكل 4.36) حيث تتصلب الصفائح فوق الزاوية ويمكن تحديد موقعها من خلال عتسك خط الوسط في عتسك بالسبابة



الشكل 4.98: الغضروف الدرقي. تمثل (A) الوجه السفلي، بينما تمثل (B) الوجه العلوي.

تتصل الصعاف على نحو واسع في المؤخرة وتمتد إلى قرنين علويين وتنتجه نحو قرني العظم اللامي في الأعلى. يتفصل القرنان الصغيران في الداخل مع الغضروف الحلقاني في الأسفل من خلال تثبيتها حول وجه مدور صغير على كل جانب من الصعاف الحلقانية. يمكن لغضاريف المحبرة أن تتحرك في علاقاتها فيما بينها إلى درجة محدودة. ويمكن للغضاريف اللامية والحلقافية التراجع إلى الأمام والخلف فوق بعضها كما سنناقش فيما بعد عندما نتناول تغير درجة انحناء ويمكن للغضروفين الطرجهاريين الدوران والتراجع على الغضروف الحلقاني ويمكن أن يتزلقا قليلاً أحدهما نحو الآخر، تضبط هذه الحركات العضلات المتصلة بالزائدة العضلية في الغضاريف الطرجهارية. وسنرى ذلك عند مناقشة علاقاتها بشأن ضبط الحبال الصوتية وتعديلها.

ضبط (تعديل) الحبال الصوتية أثناء الكلام

Vocal Fold Adjustment During Speech

تكون الحبال الصوتية مفتوحة في حالة الراحة مشكلة فراغاً مزمارياً على شكل V - فمته حلف الغضروف الدرقي، وتقع أعظم نقطة فيه في المؤخرة حيث تتصل الحبال

الصوتية بزاوية الغضاريف الطرجهارية الصوتية . تنفتح الحبال الصوتية ، أثناء الكلام ، في الأصوات الصامتة /h/ أو /w/ ، وتقرب من بعضها في الأصوات المجهورة كما في الصوائت والصوائت الثنائية . /h/ أو /w/ في كلمات «have» ، «back» ، «all» و «hall» ، وتكون أقل تقارباً في الأصوات الصامتة المجهورة كما في /h/ و /w/ حيث نحتاج للجهر بالإضافة إلى ضغط هوائية عالية في التجويف القصبي . أنظر الشكل (4.37) .



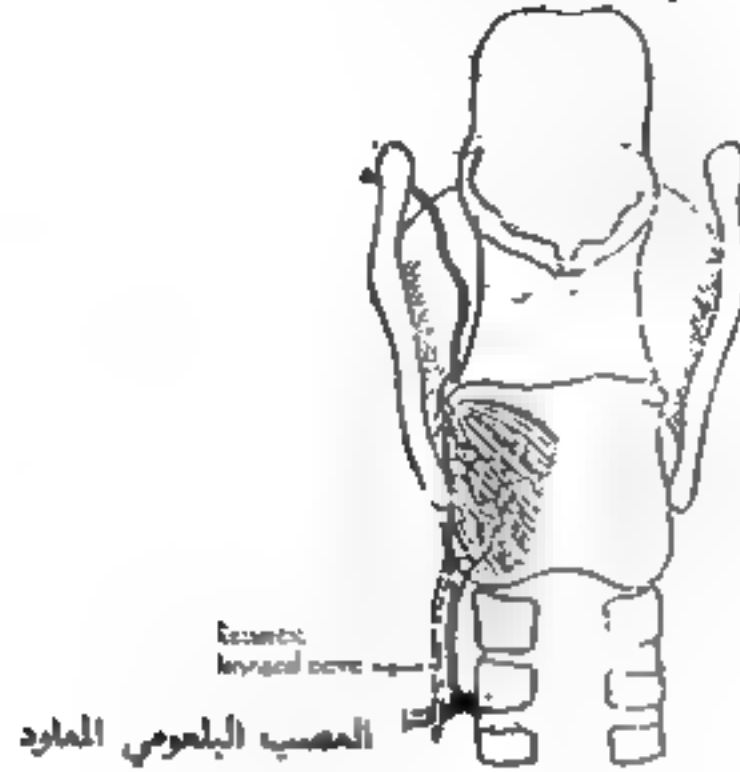
الشكل 4.37: منظر علوي للحنجرة، التقط بواسطة حزمة الراف في أوقات متعددة أثناء لفظ جملة . يظهر الشق «الفلم» المزماري الخلفي في الطرف السفلي اليميني في كل صورة . لاحظ المزمار المقعرج في الشكل الأول لوالتنفس، والمزمار المفلق نسبياً في الصورة الثالثة من أجل الصائت، والمزمار المقعرج نسبياً في الشكل السادس من أجل صائت مجهور.

Voicelss Consonants

الصوائت غير المجهورة

يحدث أبسط تعديل في الحبال أثناء الكلام في الصوائت غير المجهورة ، حيث تنفتح الحبال الصوتية على نحو واسع كي نحصل على حجم كافٍ من هواء الرئتين لإيجاد الضوضاء أو الضجيج المطلوب في التجويف القصبي . وعندما يتقدم الكلام ، تنتشر الأصوات غير المجهورة في التيار الكلامي وخطائياً أو جماعات مطالبة بفتح مزماري

سريع يتحلل عملية الجهر. ويؤدي هذه الوظيفة أثنان من العضلات الكبيرة المثلة الشكل متصلان من خلال الوتر بقوة الزائدة الصوتية في كل: غصروف طرجهاري. وتنتف الخيوط العصبية على شكل مروحة عندما تمر إلى الخلف والأسفل كي تتصل بصحائف الغصروف الحلقاني الخلفية (الشكل 4.38).



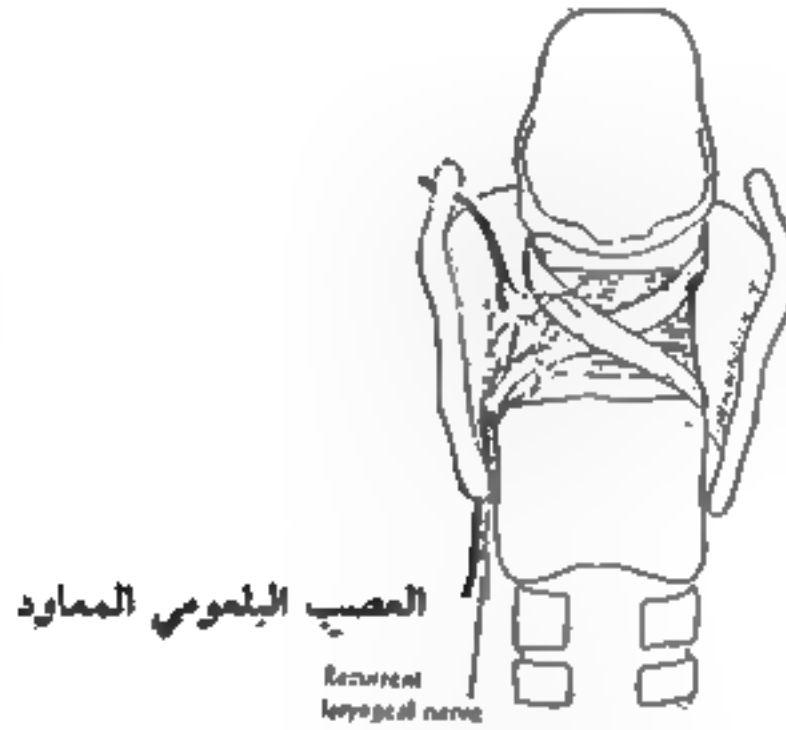
الشكل 4.38: منظر خلفي للعضلة الخلقانية - الطرجهارية الخلفية. (عل الرغم من ظهور عضلة واحدة، إلا أنه يوجد إثنان منها).

تقوم العضلة الطرجهارية - الخلقانية الخلفية - سميت بذلك لموقعها وصلاتها - بتدوير الفصاري الطرجهارية من خلال شد الزوائد العضلية من الوسط وإلى الأسفل، وتسبب، من ثم، فتح الزوائد الصوتية. بمعصب المعصب المعاد، وهو فرع من المعصب الجمجمي العاشر، هذه العضلة وكافة العضلات الخاصة بالحنجرة تقريباً.

Voiced Speech Sounds

الأصوات الكلامية المجهورة

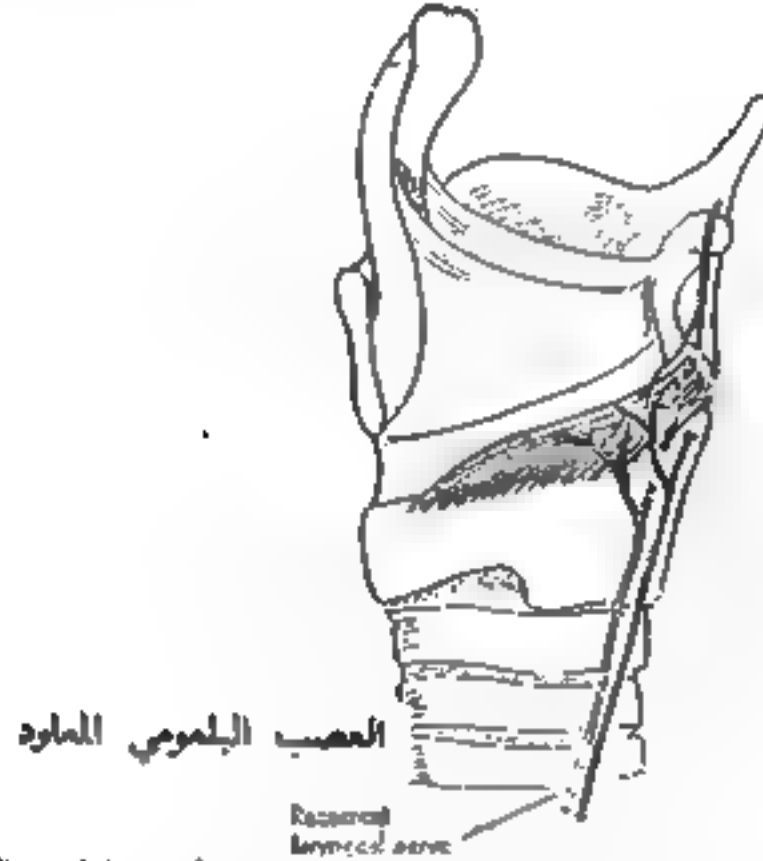
لا يمكن للحبال الصوتية المفتوحة أن تدبذب، ولذلك يجب جلب الحبال الصوتية المفتوحة عادة باتجاه عمورها أو إلصاق بعضها ببعض تقريباً من أجل إصدار أصوات الكلام المجهورة. ومن أجل التقريب بين الحبال الصوتية يجب التقرب بين العضارين الطرجهاريين، وأن تتأرجح زوائدها الصوتية إلى الداخل بحيث يقابل بعضها بعضاً هناك عصب قوية من الخيوط العضلية تمشي أفقياً خلال الوجوه الخلفية للعضارين الطرجهاريين. وهذه العضلة الطرجهارية العرضانية مثقلة بالياف عضلية على شكل X وتدعى العضلات الطرجهارية المائلة أو المنحرفة. أنظر (الشكل 4.39).



الشكل 4.39: منظر خلفي للعضلات الطرجهارية المائلة والمستعرضة. - يشار إلى هاتين العضلتين مجتمعين بالعضلة الطرجهارية الوسطى.

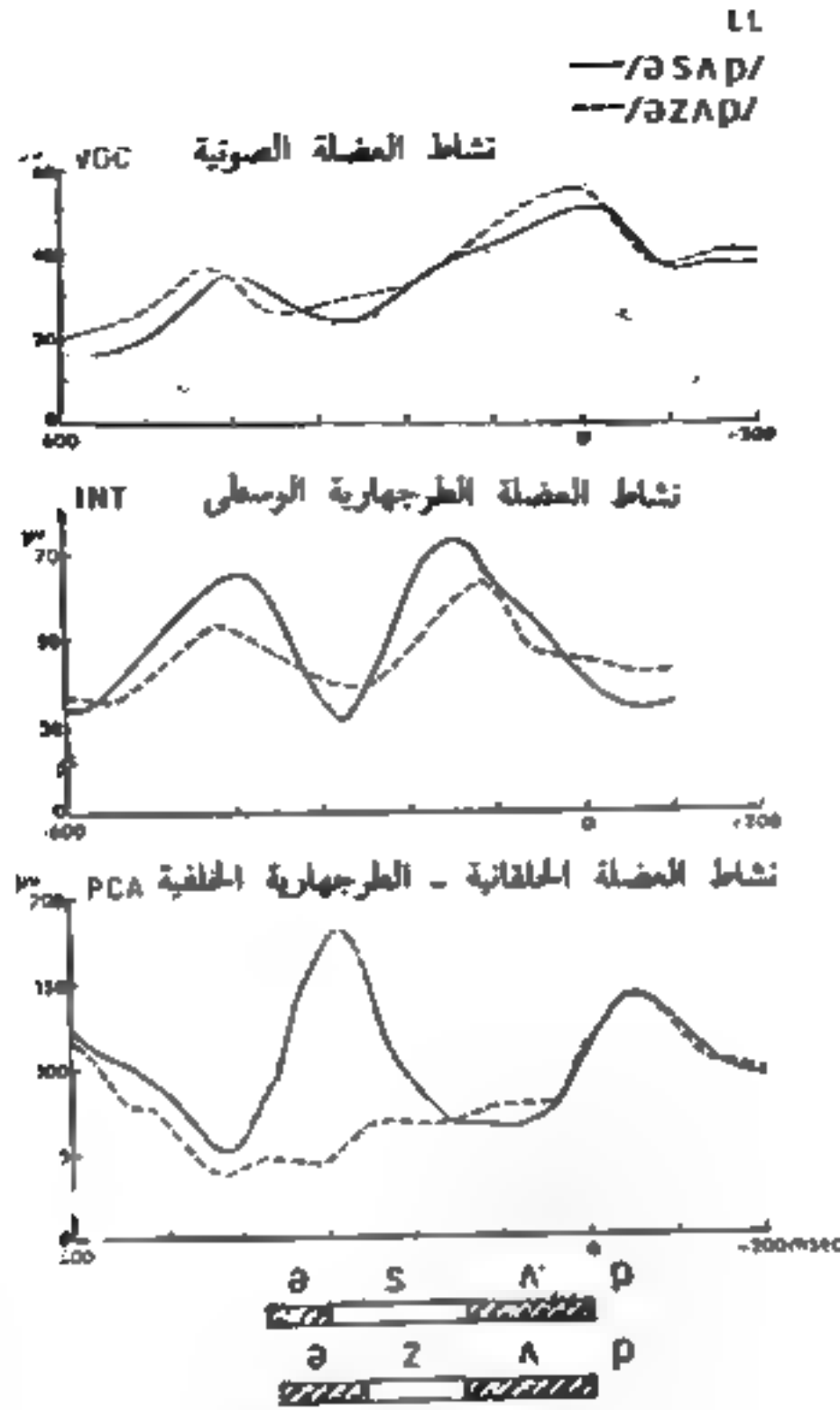
تسمى العضلة الطرجهارية المستعرضة مع العضلة الطرجهارية المنحرفة بـ (العضلة الطرجهارية الوسطى). حيث تقوم هاتان العضلتان بحركة العضارين

الطرجهارية نحو محورها ومن ثم جرّ الحبال الصوتية. يعتقد أن الجانب الأقوى أو الأسامي هو العضلة الطرجهارية الوسطى. وتساعد في جرّ الحبال الصوتية نحو محورها أرجحة الرائدة العضلية في المضاريف الطرجهارية نحو الأمام والأسفل، فتصعظ، من ثم، الروائد الصوتية مقارنةً بينها. هناك أيضاً العضلات الطرجهارية الحلقائية الجانبية الشكل (4.40) فمن أجل جرّ قوي للحبال الصوتية، كما هي الحال في إصدار الصوات مثلاً، تُستخدم العضلات الطرجهارية - الحلقائية الجانبية مع العضلة الطرجهارية لوسطى.



الشكل 4.40 مظهر جانبي للعضلة الطرجهارية - الحلقائية الجانبية. كما أزيل الطرف اليساري من المضروف الدرقي.

أما في الأصوات الكلامية التي تتطلب ذنبية الحبال الصوتية بالإضافة لمصدر صوتي فوق المرمار، فإن عملية جرّ الحبال الصوتية نحو محورها تكون أقل، وتفي العضلة الطرجهارية الوسطى بالقرض. لقد ميّز هيروز وجي (Hiroz & Gay)، (الشكل 4.41) وظيفة العضلات الخنجرية من خلال قياس النشاط الكهربائي المولّد عندما تنقبض هذه العضلات. وسناقش أسلوب التسجيل هذا (تخطيط العضل الكهربائي) في الفصل السادس.



الشكل 4.49: منبهات تخطيط العضل الكهربائي موضوعة على الأصوات الاحتكاكية /z/ (الخط المنقطع) و /θ/ (الخط غير المنقطع). فعلى الرغم من أن نشاط العضلة الصوتية (VGC) هو متشابه في كلا الصوتين، نجد أن نشاط العضلة الطرجهارة الوسطى (INT) في (س) يقل خلال الوقت الذي يزداد فيه نشاط العضلة الحلقائية - الطرجهارة الخلفية (PCA) بشكل كبير.

تألف الحبال الصوتية نفسها من (1) الرباطات الصوتية وهي الأطراف الشحية للمشاء المحروطي المرن الناعم من الغضروف الحلقاني. و (2) العضلات التي تتصل بالرباطات وهي القسم الداخلي في العضلات الطرجهارية - الدرقية المعروفة عامة بـ «العضلات الصوتية» و (3) الغشاء المخاطي الذي يغطيها. تتبع الرباطات الصوتية والعضلات الصوتية من تنوء في الغضروف الطرجهاري يعرف باسم «الزائدة الصوتية». وبسبب الغضروف تكون الحبال الصوتية قلبية في الخلف وأكثر مروية في الأمام. تكون الحبال الصوتية ثخينة في حالة الاسترخاء، ومفتوحة على نحو متموج؛ وينتحر كالمشاء المخاطي على نحو مستقل تقريباً كقطعة جلد متحركة على ذراع متحركة. يمتد القسم الخارجي من العضلة الدرقية الطرجهارية إلى زائدة العضلة الطرجهارية العضلية ببعض الألياف الملتفة حول الغضروف الطرجهاري وتخرج مع العضلات الطرجهارية الوسطى. ونحتاج إلى كثير من البحث لتمييز دور العضلات الطرجهارية - الدرقية الداخلية والخارجية في عملية النطق، لكن الرأي الشائع أنها تقوم بشد الحبال الصوتية.

والنشاط العضلي مطلوب، فعلاً، لجر الحبال الصوتية وتشدّها كي يجهزها للذبذبة، لكن ذلك العمل لا يسبب الذبذبة نفسها، يجب عليك في (Bronx Cheer) أن تقرب شفّيتك إحداهما من الأخرى، وذلك هو الجهد العضلي المطلوب. لكن الصوت نفسه يحدث نتيجة القوى الحركية المؤثرة في جسم شفّيتك المرن. إنّ القوتين الحركيتين اللتين تصدران ذبذبة الحبال الصوتية هما: الضغط الهوائي التحتحنجري، ويرمز له بـ (P) المؤثر في قسم الحبال الصوتية السفلي، ويجبرها على الانفتاح، و «الضغط السلي» الذي يحدث عندما يمرّ الهواء بين الحبال الصوتية (تأثير برنولي)، وهذان الضغطان السلي والإيجابي يضحان الحبال الصوتية في حالة الذبذبة بسبب مرونتهما.

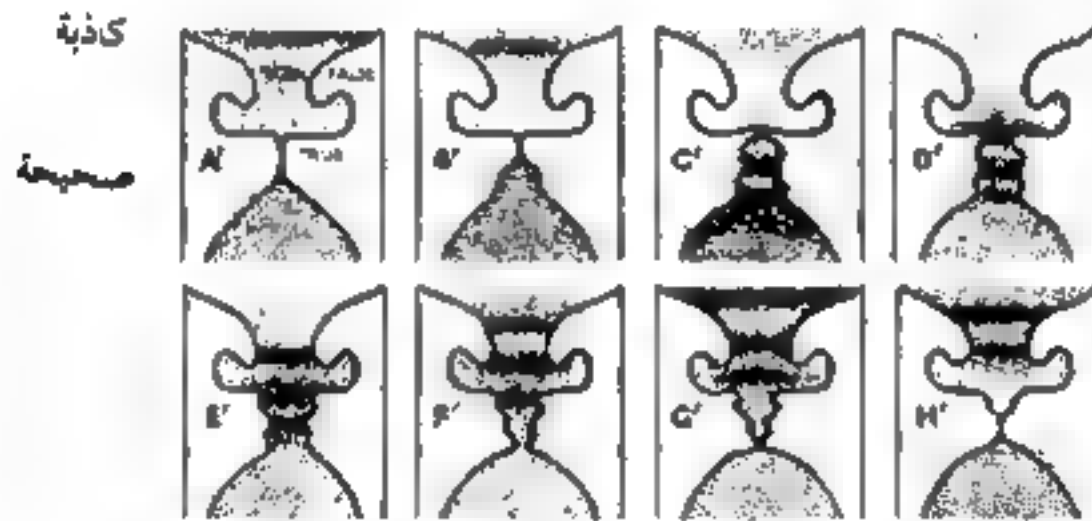
Subglottal Air Pressure

الضغط الهوائي التحتحنجري

تأمل أولاً ضغط الهواء التحتحنجري الذي يفتح الحبال الصوتية. تخرج في كل فتحة دفقة صغيرة من الهواء، وبشكل هذا العدد المتأثر من الرصاصات القذوية الهوائية موجة من الضغط مسموعة عند المزمار. والشرط القليل للحصول على الجهر (Voicing)

هو أن يكون ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية أكبر منه فوقها. فلو ارتفع الضغط فوق الحبال الصوتية على نحو ضاع معه الضغط اللازم هـر الزمار، يتوقف الجهر (ددسة الحبال الصوتية) عندئذ. جرب ذلك من خلال محاولة تطويل صوامت الوقف المجهورة مثل /a/. تستطيع جهر الصوت لفترة قصيرة فحسب لأن الإغلاق الشموي في /a/ سيسبب في ارتفاع الضغط الهوائي خلف الشفتين حتى يساوي الضغط الهوائي التحتنجري. وبما أنه لا يوجد الآن ضغط عالٍ تحت الحنجرة مقارنة مع الضغط الهوائي أعلاه، فلا يمكن للجهر أن يحدث. يمكن للضغط الهوائي التحتنجري في مستوى المعادلة العادية، في طبقة من 7-10 سم من H_2O (مستمرات من ضغط الماء)، أن يصدر صوتاً بشدة قلها 60 ديسبل تقريباً.

يمكن ملاحظة تأثير الضغط الهوائي التحتنجري الكافي لفتح الحبال الصوتية في الشكل (4.42) وهو مخططات بيانية من فلم بصور حجرة تنذبذ.



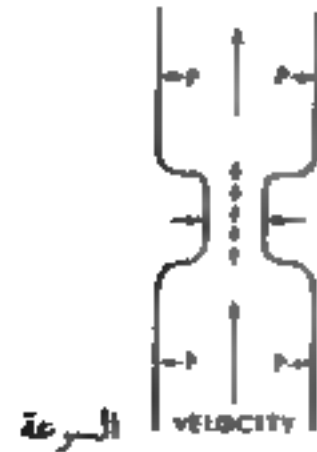
الشكل 4.42 مقاطع عرضية بيانية للحبال الصوتية أثناء الذئمة يمكن رؤية انفتاح الحبال الصوتية وانغلاقها من الأسفل إلى الأعلى.

حيث تبدأ الحبال الصوتية بالانفتاح من الأسفل، ويتقدم الانفتاح باتجاه الأعلى. في لحظة التي يمنع فيها القسم الأعلى، يمكن مشاهدة القسم السفلي وهو يتعلق. نجد أن هناك فرقاً في الطور بالاتجاه العمودي يخلق حركة شبه موجية للحبال الصوتية، وهي الحركة العادية خلال الدبنة في الصوت الصدري. أما إذا تكلم المتكلم أو غنى بطنه صوتية عالية، فإن اختلاف الطور العمودي يتبدد عندئذ، ويتحرك كل حل صوتي مشدود بنفسه بوضعه وحدة مستقلة ويكون طور إغلاق كل دورة نتيجة ظاهرة حركية ثابتة مهمة للجهر وهي هبوط الضغط نتيجة مبدأ «برنولي».

Bernoulli Effect

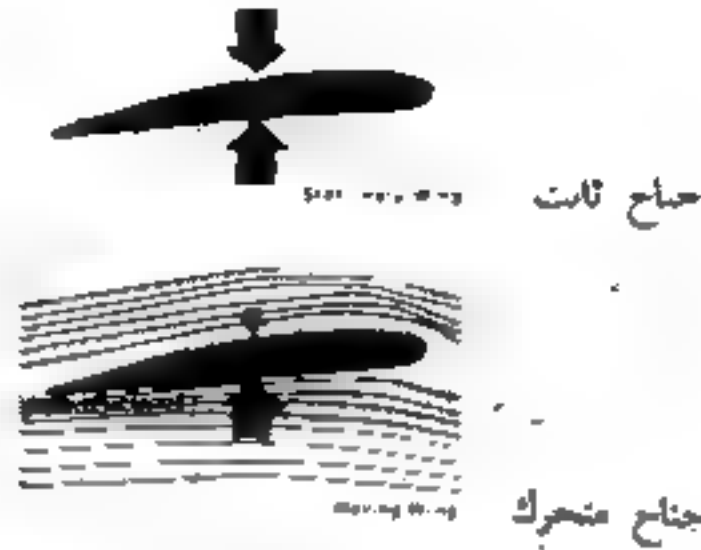
مبدأ (تأثير) برنولي

طور دانييل برنولي (Daniel Bernoulli)، وهو رياضي وفيزيائي عاش في سويسرا في القرن الثامن عشر، وكان والده وعمه عالمان ورياضيين متميزين، نظرية الغازات والسوائل الحركية، التي يعرف قسم منها بمبدأ برنولي. يعتمد مبدأ برنولي على الملاحظة القائلة إن سرعة التيار السائل أو الغاز تزداد عندما يمر في ممر ضيق. يمكن صياغة مبدأ برنولي ببساطة على النحو التالي: ينتج عن زيادة السرعة هبوط في الضغط الذي تبذله جزيئات الغازات أو السائل ويكون انحناء الضغط عمودياً مع اتجاه الجريان أو لسيريان، يوضح الشكل (4.43) تزايد السرعة في قسم ضيق في ممر والهبوط الناتج في الضغط ضد الجدران الجانبية:



الشكل 4.43: مخطط يبين للتدفق عبر ممر ضيق. تزايد السرعة في المضيّق، لكن الضغط الخارجي على جدران المضيّق غير موجود (عائلاً).

يُصمم جناح الطائرة التقليدي على نحو يستفاد منه من مبدأ برنولي في رفع الطائرة. يُصنع الجناح على نحو يكون فيه الوجه العلوي أكثر انسيابية، أنظر الشكل (4.44)، مما يسمح بتيار هوائي عالٍ السرعة مقارنة مع التيار الهوائي الذي يمر أسفل الجناح.



الشكل 4.44: القوى الديناميكية الهوائية الماعلة في جناح الطائرة (راجع النص لمزيد من التفاصيل).

ينتج عن السرعة العالية هبوط في الضغط مقابل السطح الأعلى، مما يخلق هو نفسه اختلافاً بين الضغوط، تحت الجناحين وفوقهما، بسبب ارتفاع الطائرة في نهاية المطاف. يمكنك رفع قطعة من الورق مستخدماً المبدأ نفسه، من خلال المسك بأحد طرفيها تحت شفتيك ونفخ الهواء عبر سطحها العلوي، الشكل (4.45).



الشكل 4.45: توضيح لمبدأ برنولي: عندما يزداد ضغط الهواء على سطح الورقة العلوي بسبب النفخ، يكون الضغط أقل على السطح العلوي منه في السطح السفلي مما يسبب في ارتفاع الورقة.

إننا نجرب أو نلاحظ الظاهرة البرتولية باستمرار. فعندما يهب تيار هوائي عبر مرصيق، تنغلق الأبواب المفتحة على القاعة بعض لأن ضغط الهواء على الأبواب من جهة القاعة أدنى منه من جهة الغرفة نفسها. ولو كنت مرة في سيارة خفيفة تتجاوز بسرعة سيارة شحن كبيرة على طريق سريع، وشعرت بأن سيارتك تتجلبب بقوة باتجاه الشاحنة، فإن مرة ذلك إلى أن تيلر الهواء الأسرع الناتج بين سيارتك والشاحنة قد قلل الضغط مقابل جهة الشاحنة من سيارتك بالمقارنة مع الجهة الأخرى.

Vocal Fold Vibration

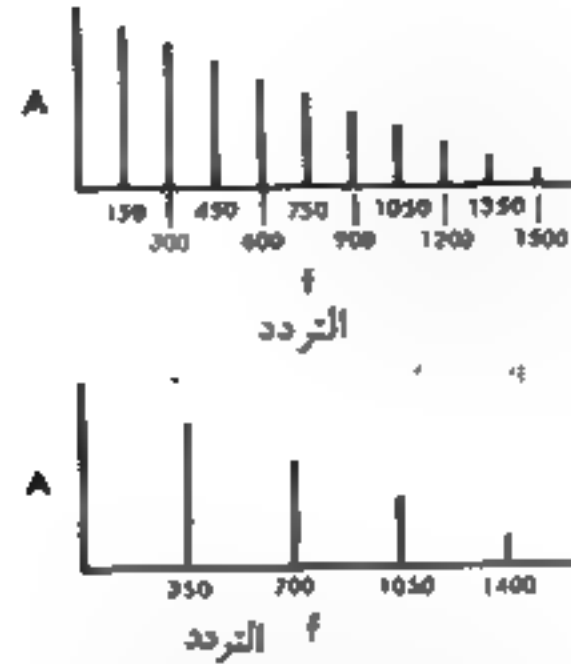
ذبذبة الحبال الصوتية

إن كل دورة من ذبذبة الحبال الصوتية، أثناء الجهر، هي نتاج الضغط الهوائي التثخننجري، الذي يني على نحو كافٍ وفعال لفتح الحبال الصوتية، ومبدأ برنولي الذي يفسر هبوط الضغط الخارجى كمقابل للجوانب الداخلية لكل حبل ويجلبه نحو محوره مرة أخرى عندما يندفع الهواء خلال الزمار بسرعة متزايدة. والعملية ممكنة بشماها بسبب مرونة الحبال الصوتية نفسها. فمرونتها لا تسمح لها بالانفتاح في كل دورة فحسب، بل إن قوة الإعادة المرنّة (القوة التي تعيد أي جسم مرني إلى مكانه في حالة الراحة) تعمل وضاً لمبدأ برنولي في إغلاق الحبال في كل دورة من الذبذبة.

تتحرك الحبال الصوتية على نحو دوري تماماً. ففي إصدار الصوائت المطولة، حل سبيل المثال، تنفتح الحبال الصوتية وتنغلق في نمط معين في حركة تكرر نفسها. يصدر هذا العمل عدداً هائلاً من الدفقات الهوائية الصغيرة التي تصدر هي نفسها موجة ضغطية مسموعة عند الزمار. وهذه الموجة الضغطية هي دورية أيضاً حيث يكرر النمط نفسه. ومثل كافة الأصوات الدورية المركبة، فإنه (الموجة الضغطية) تحتوي على توافقيات. إنها تتألف من تردد أساسي وعدة مضاعفات لذلك التردد الأساسي. والتردد الأساسي هو عند الفتححات للزمارية في الثانية.

والجهر الإنساني ذو تردد منخفض مقارنة بمعظم أصوات العالم المحيطة، بما في ذلك الأصوات الأخرى التي يصنعها الإنسان فوق حنجرته. وبما أن الجهر الإنساني

يحتوي على عدة توافقيات⁽¹⁾، فإنه صوت مركب أيضاً. ولا يمكننا أن نسمع ذبذبة الحبال الصوتية مفردة مطلقاً لأنها في الوقت الذي تيلع ماء المتكلم تكون قد تغيرت في المجرى الصوتي. ولو قمنا بإدخال مذياع «ميكرفون» صغير إلى الحبال الصوتية، فإننا سنسجل صوتاً يمتلك طيفاً يشبه ذلك في الشكل (4.46).



الشكل 4.46: طيفان يبينان لأصوات ناعمة عن ذبذبة الحبال الصوتية. يمثل الطيفان ترددي طاق مختلفين، ولذلك نجد المراءغ الذي يفصل بين التوافقيات مختلفاً.

ينشأ التردد الأدنى، تردد الذبذبة نفسها، وتوافقياً ثانياً (تردده ضعف التردد الأساسي) وتوافقياً ثالثاً (تردده يساوي ثلاثة أضعاف التردد الأساسي) وهلم جرا. لاحظ أن إحدى سمات الصوت البشري هي أن التوافقيات الأعلى تمتع بشدة أقل من التوافقيات الأدنى ولذلك فإنه رغم احتواء الجهر على العديد من مكونات الترددات العالية، يبقى التأكيد على الترددات الدنيا. تهيئ الشدة بمعدل 12 ديسل في الثماني² الواحد (كل مضاعفة في التردد).

- (1) توافقاً مركباً جيبه لموجة دورية يكون ترددها مضاعفاً صحيحاً للتردد الأساسي
- (2) الثماني: البعد بين ترددين لها نسبة (2) إلى (1). فاعمل بالطبعة الصوتية بين سمعتين بحيث يمكن النظر إلى أحدهما وكأنه نسخة مطابقة للمصنوع الموسمي الأساسي الثاني ذي الطبعة الصوتية التالية يكون للأصوات المكونة هاتين السمعتين، إذاً، منه تردد (2) إلى (1)

هناك خلاف جوهري بين جهري ذي تردد منخفض وجهري ذي تردد مرتفع يرجع إلى الاختلافات في موقع التوافقيات. يظهر الشكل (4.46) هذا الاختلاف. فمثلاً سيملك طفل ذو صوت تردده الأساسي 350 هرتز التوافقي الثاني عند التردد 700 هرتز والثالث عند 1050 هرتز والرابع عند 1400 هرتز. ومقابل ذلك سيملك رجل ذي تردد أساسي قدره 150 هرتز التوافقي الثاني عند 300 هرتز، وسيتأخر توافقيه التاسع توافقي الطفل الرابع تقريباً. وعلى النحو نفسه يقوم شخص بمفرده بتغيير مواقع التوافقيات عندما يعدل تردد صوته. لاحظ، في الشكل، أن شكل الطيف وانحداره يقيان متشابهين عند الطفل وعند الرجل.

التردد الأساسي Fundamental Frequency

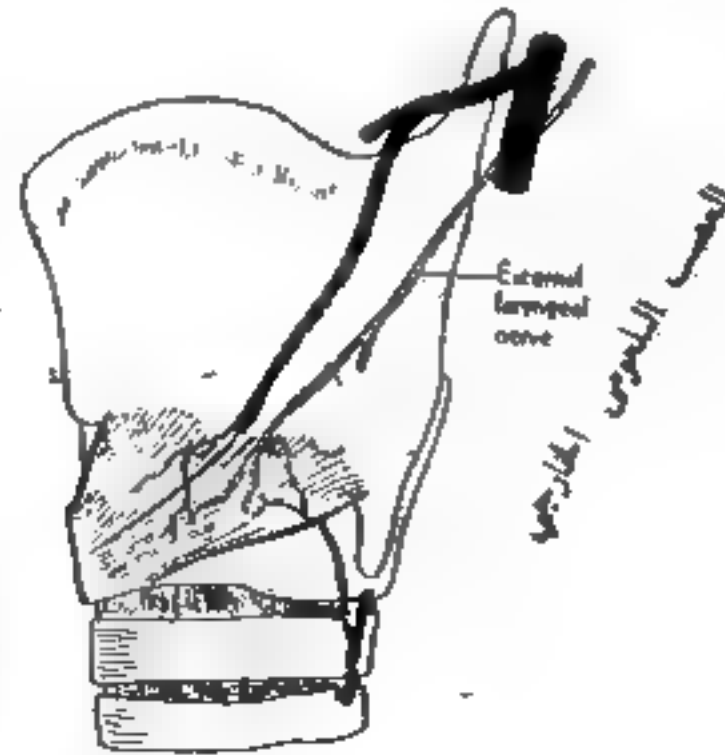
يتألف الصوت الإنساني من عدة ترددات. إنه نغمة مركبة. يدرك المستمع أدنى الترددات، التردد الأساسي، على أنه طبقة صوت التكلم. ويتغير التردد الأساسي باستمرار كما نعرف ذلك عندما نستمع إلى نغمة تنغيمي في جملة ما. تمتلك جملة «Are you sure» نغمة تنغيمياً (طبقة صوت) صاعداً، بينما تمتلك جملة «I'm sure» نغمة تنغيمياً هابطاً. يصدر المتكلم هذه الأنماط المختلفة من خلال تغيير التردد الأساسي للذبذبة حباله الصوتية.

ورعفاً لنظرية الصوت الحركية المرنة، فإن تردد ذبذبة الحبال الصوتية تقرره مرونة الحبال الصوتية وتوترها، وكتلتها. حيث تتذبذب الحبال الأكبر (الأطول والأثخن) بتردد طبيعي أقل من الحبال الصوتية الأقصر والأثخن، وتتذبذب الحبال الصوتية الأكثر مرونة بترددات أعلى لأنها ترجع إلى وضعها العادي بسرعة أكبر. وتتذبذب كذلك، الحبال الصوتية المشدودة على نحو أكبر من الحبال الصوتية المرخوة. والطريقة الأساسية في جعل روح من الحبال الصوتية أكثر توتراً هي مدعها أو شددها أكثر.

ربما لاحظت أن الحبال الصوتية الأطول تسهم في كتلة متزايدة وتردد أساسي محتمل في الحالة الأولى وإلى توتر متزايد وتردد أساسي مرتفع في الحالة الثانية. والسبب في ذلك هو أن زوجاً طويلاً من الحبال الصوتية (مقارنة مع متكلمين آخرين) يمتلك كتلة

أكبر، ويصدر صوتاً ذي ترددات أقل. فترددات أصوات الرجال أقل من ترددات أصوات الأطفال، ورغم ذلك فإن تطويل الحبال الصوتية، عند التكلم نفسه، سوف يمد وينحرف القسم المتذبذب للوتر في الحبال الصوتية، مضيئاً توتراً يصدر تردداً أساسياً أعلى. إن زوج العضلات المسؤول عن تمديد الحبال الصوتية، وعن ضغط تعبير التردد الأساسي هو العضلات الحلقائية - الدرقية.

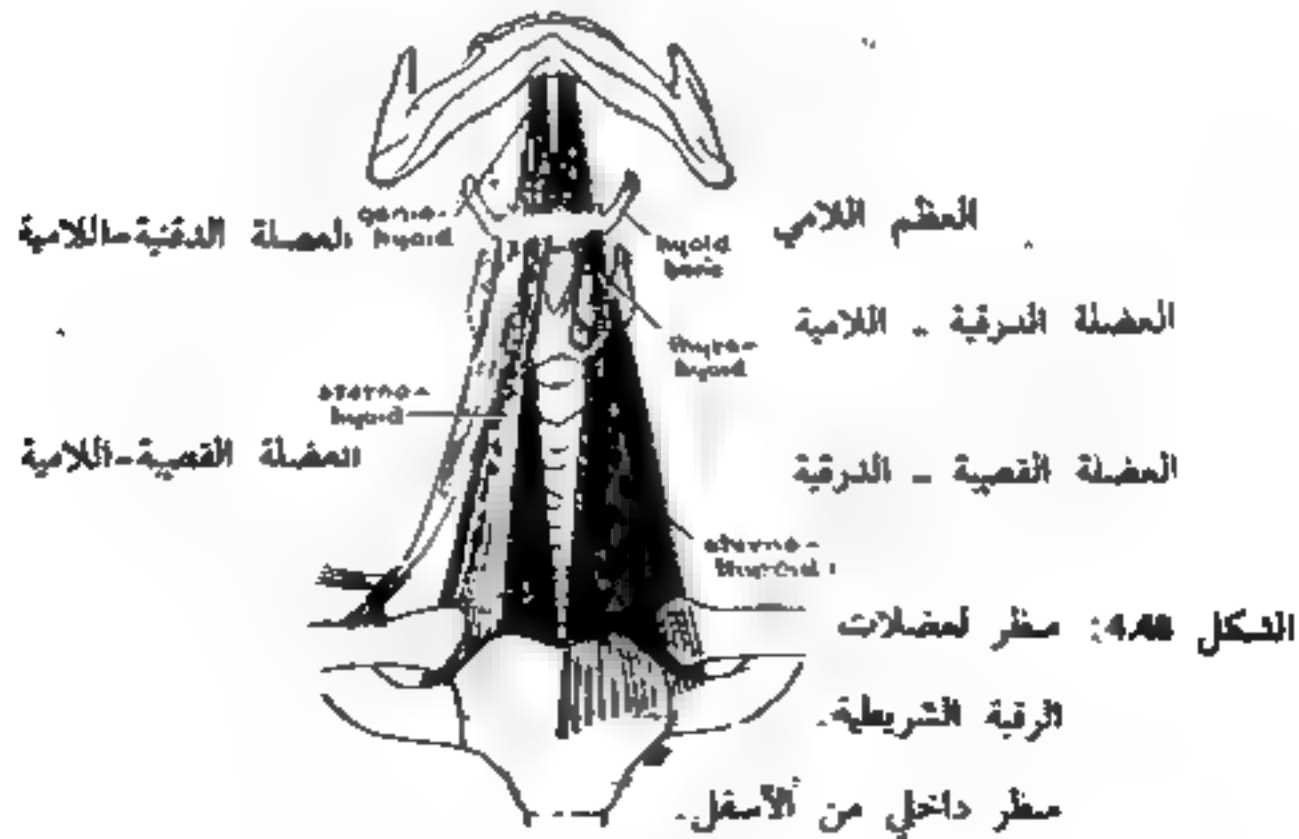
وبما أن الحبال الصوتية تقع بين العضليتين الدرقية والغضروفيتين الطرجهاريين، فإن طريقة مد الحبال الصوتية تتم من خلال توسيع المسافة بين هذه العضليتين. يمكن للعضليتين الحلقائيتين - الدرقية أن تفعل ذلك تماماً وبما أنها تتصل بطرف الخاتم الحلقائي وتصلب (يصعد جزء منها على نحو مستقيم والآخر بزاوية مائلة) إلى الغضروف الدرقي، فإن انقباضها سوف يجذب الغضروفين أحدهما نحو الآخر من خلال رفع قوس الغضروف الحلقائي الداخلي باتجاه الغضروف الدرقي. وقد شبه إغلاق الفراغ بين القوس الحلقائي ومقدمة الغضروف الدرقي بإغلاق مقبض الخوذة في بدلة درعية. يظهر الشكل (4.47) موقع العضلات الحلقائية - الدرقية في القسم الخارجي لكل طرف من الحنجرة.



الشكل 4.47: منظر جانبي للعضلة الحلقائية - الدرقية.

إن التأثير الذي يحدثه انقباضها في رقع مقلعة الغضروف الحلقاني هو إمالة الصحن الخلمي للغضروف الحلقاني باتجاه الخلف. وهذه الطريقة تجري الغضاريف الطرجهارية فوق الغضروف الحلقاني وتمتد الحبال الصوتية. وقد سمي فان دين بيرج (Van Den Berg) تأثير العضلة الحلقانية - الدرقية هذا بالتوتر الطولاني. يعصب العصب اللعومي الأعلى العاشر (العصب التائه) وهو العصب القحفي العاشر العضلة الحلقانية - الدرقية بخلاف لكافة عضلات الحجرة الأخرى التي يرودها بالأعصاب العصب المرتد (وهو فرع آخر من العصب التائه).

تضاعف إضافة التوتر الطولاني في الحبال الصوتية التردد الأساسي الذي تنذب به، على الأقل في معظم طبقة الترددات المستخدمة في الكلام. أما في الترددات القصوى، فمن المعتقد أن آلات أخرى تستخدم في ضبط طبقة الصوت. فعلى سبيل المثال تستخدم العضلة الحلقانية - الدرقية في الترددات المرتفعة، كتلك المستخدمة في صوت الغناء المرتفع النغمة، للحصول على زيادة أكبر في التوتر على الرغم من عدم إمكانية أي تطويل أكبر حيث تنشأ الحبال الصوتية بشدة كبيرة وتفقد حركتها الشبيهة بالحركة الموجية العادية وتتذبذب الرماطات الصوتية على نحو يشبه ذنب الأوتار تقريباً.



أما في حالة الترددات المنخفضة جداً، فتكون العضلات المحيطة بالرقبة (وخصوصاً العضلة القصية اللامية) مسؤولة على نحو كبير عن تخفيض التردد الأساسي. أنظر الشكل (4.48) (في الصفحة السابقة) ربما لاحظت أن الحنجرة تصعد قليلاً أثناء ركوب الطائرة العمودية بسبب الترددات العليا، وتبسط في الرقبة على نحو ملحوظ أكثر في الترددات المنخفضة. ويعتقد بعضهم أن هذه الحركات تضيف توتراً عمودياً إلى الأعشبة التي تشكل بطانة الحنجرة والرقمعي في الأسفل. سيؤثر التوتر العمودي المتزايد في المخروطية المرنة أثناء الرقع البلعومي وانخفاض التوتر العمودي في حالة الأحماض البلعومي في الحبال الصوتية. وينتج الغشاء المخروطي المرن من الغضروف الحلقائي ويصعد في خط وسطي باتجاه الحبال الصوتية حيث يشكل طرفه الثخين الرباط الصوتي.

ومصدر آخر لشد الحبال الصوتية هو التوتر الداخلي الممكن نتيجة انقباض العضلات الدرقية - اللامية نفسها، وخاصة الأقسام المتذبذبة المعروفة بالعضلات الصوتية. ونحتاج إلى كثير من البحث لتوضيح التداخل بين الإسهامات العضلية وغير العضلية في تغير التردد. وقد أشار أبكينسون (Abbinson) إلى أنه يمكن للإسهام النسبي أن يتغير في طبقة التردد الأساسي عند الشخص نفسه.

يبدو أن التردد الأساسي يتأثر تأثيراً بالغاً بتطبيق شد طولاني كبير أو صغير في الحبال الصوتية بواسطة العضلات الحلقافية - الدرقية؛ ويتأثر على نحو ثانوي بالتعديلات كتطبيق توتر عمودي كبير أو صغير في الحبال الصوتية من خلال العضلات التي يمكنها رفع (العضلات فوق اللامية) أو خفض (تحت اللامية) الحنجرة، أو من خلال تطبيق توتر ذاتي صغير أو كبير في العضلات الصوتية نفسها أو من خلال تغير الضغط التحتحنجري.



Voice Quality

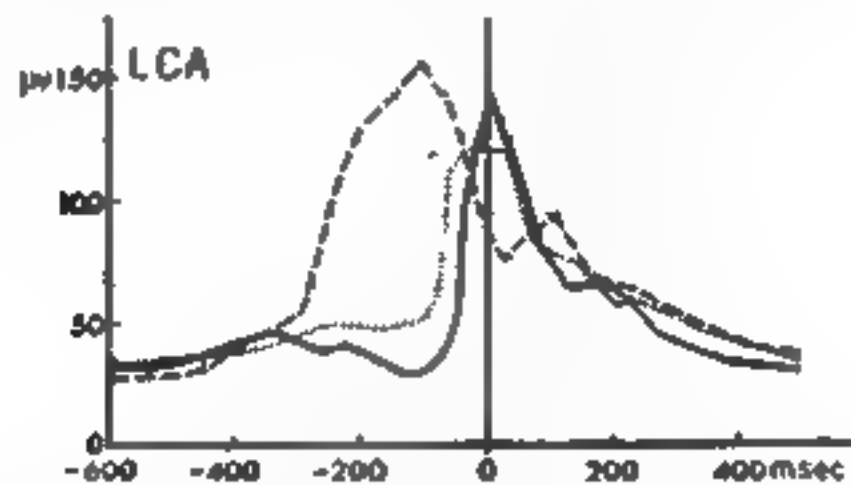
جرس الصوت

ينشأ معظم ما يميز صوتاً عن آخر عن تأثيرات الفجوات المرنة والتراكيب فوق الحنجرية، لكن هناك جزءاً مما يسمى بصفة الصوت أو جرس الصوت مبعثه الطريقة التي تتذبذب فيها الحبال الصوتية نفسها. إن أحد الاختلافات الواضحة بين الأصوات هو

تتردد الأسامي الذي يدركه الناس على أنه النعمة أو طبقة الصوت. وتتعلق بعض الاختلافات الأخرى بدرجة قرب الحبال الصوتية بعضها من بعض أو بالشوادات الموحدة على طول حواف الحبال الصوتية. فلو شل أحد الحبلين الصوتيين أو كلاهما، لوحظ، عندئذ، صنع تعويض يسب في النغمة إن كان ذلك ممكناً. يمكن في بعض الأحيان تمرير أحد الحبلين الصوتيين للتحرك إلى أكثر من نصف المسافة كي يلاقي الحبل الآخر المشلول. ولو أزيلت الحنجرة بكاملها أو جزء منها بعمل جراحي، سبب «سرطان» لوجب على المتكلم، عندها، أن يتعلم ذبذبة بعض الأنسجة والكتل العصبية الأخرى مثل السيج الضامر أو العضلة الحلقانية - الحنجرية. حيث يلجأ بعض المتكلمين الذين فقدوا حنجرتهم (انترغت حناجرهم) إلى مصدر صوتي صناعي يمكنه حرج الرقية. ويتيح هذا صوتاً بخاصية أو جرس جنسي آلي

تعتمد اختلافات الخاصية على أنماط مختلفة من ذبذبة الحبال الصوتية. حيث يمكن إصدار الصوت التنفسي (Breathy) الذي كان مشهوراً عند بعض نجوم السينما والمشاهير في الخمسينيات من خلال المشل في جر الحبال الصوتية على نحو كاف كما هي الحال في إصدار الصوت الطبيعي. وتكون الحبال الصوتية متقاربة على نحو يمكنها من الاهتزاز، لكن صوت الهواء المستمر المطرود من الرئتين يصحب الموجة الصوتية المتحركة بوابل من دفعات الضغط الهوائي الصغيرة. وسبب الصوت الأجش (Hoarse) هو شويذ في الحبال الصوتية. فعندما تفتح الحبال الصوتية وتلتهب، كما هي الحال في التهاب الحنجرة أثناء البرد، يصح الصوت أجش ويمكن للجشاشة أن تكون دلالة على أدنى أو خلل صوتي؛ إما بسبب توتر شديد تعرض له الحنجرة بسبب التصلب فرحياً، أو بسبب آفة أو مرض يصيب العضلات الطرجهارية التي تضرب بعضها بعضاً ببعض، أو من لاستخدام الزائد للصوت كما يحدث كثيراً عند النساء، وعند بعض الرجال، أحياناً، مما ينشأ عنه عقيدات على طول الحبال الصوتية ولا يمكن تشييب الأصوات ذات الترددات المنخفضة جداً التي تسمى أحياناً «الخشخشة الصوتية»، (Vocal Fry) أو الصوت الصريري (مصطلح لاذا فوجد) (Creaky-Voice)، إلا أنها تساعد على الموصح، وتظهر ما يحدث أثناء النغمة الصوتية فلو شلحت حنجرتك وذبذبت حبالك الصوتية بتردد محض للغاية، لا يمكنك، عندئذ، أن تسمع الطلقات الإفرادية للصوت المتحرك مع كل دفقة من الهواء.

إن إحدى خاصيات بعض الأصوات المتعلقة بالجرس هي الطريقة التي يبدأ فيها بعض المتكلمين التذبذبة الصوتية، ويتطلب الاستخدام الأمثل للصوت أن تكون بداية الدبضة تدريجية وبذلك تبقى سعة الموجة من خلال الدورات الأولى القليلة نحو الشدة المطلوبة. يبدأ بعض المتكلمين الصوت بما يسمى الهجوم الزملاوي (أو أحياناً هجوماً زملاوياً خشناً). يحدث هذا عندما تكون الحبال الصوتية مشدودة بقوة قبل بداية الدبضة مباشرة. وتبدأ الدورات الأولى من التذبذبة بسعة كاملة (عالية)، وتحدث عندئذ، دفقة هوائية مشابهة لدفقة الصوت الانفجاري /b/ أو /p/. ولكنها تصدر في المرملة. ويرمز لها بـ [ʔ]. فبدلاً من قول [beɪ] يصدر الشخص [ʔeɪ]. وقد زار الممغن الأمريكي المشهور بيلافونت (Harry Belafonte) المستشفى عدة مرات وهو في قمة شهرته لإزالة العقد الصوتية من حباله الصوتية التي سببها الهجوم الزملاوي. وقد أظهر (هروس Hirose) و (جي Gay) أن الهجوم الزملاوي ترافقه زيادة في نشاط العضلات الحلقائية - الطرحهارة الجانبية التي تضغط على مركز الحبال الصوتية. انظر الشكل (4.49).



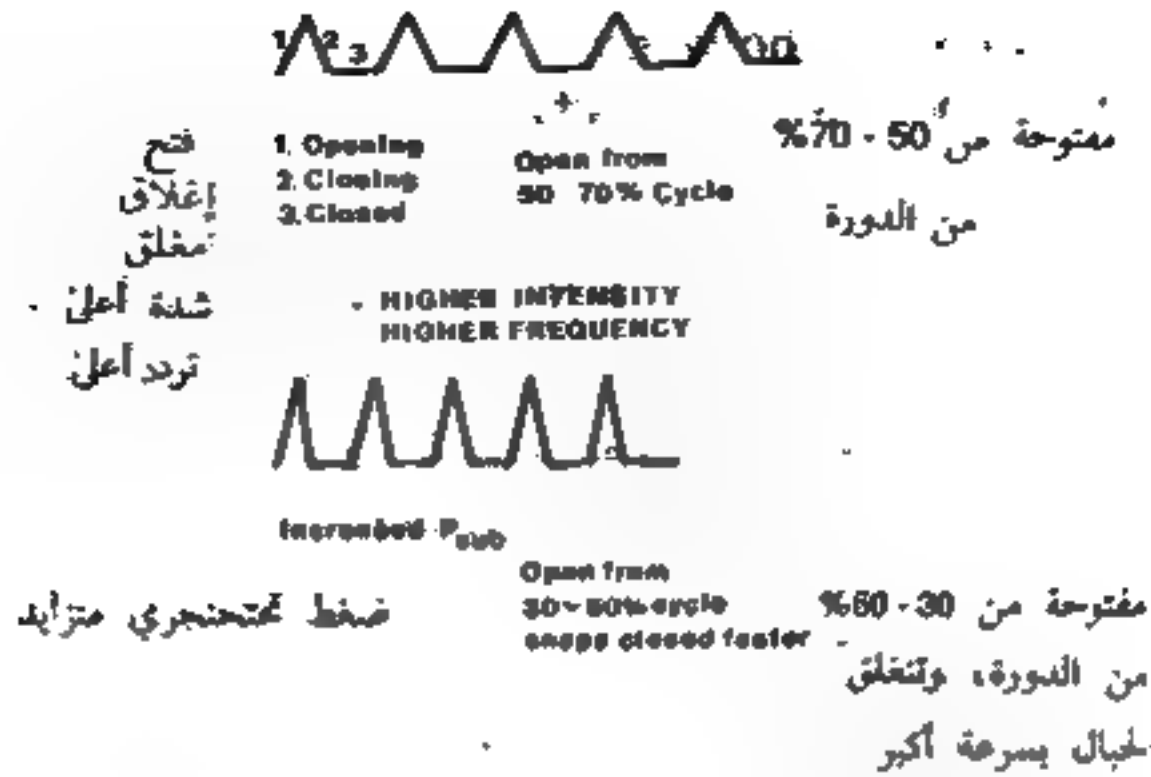
الشكل 4.49: مقارنة بين أنماط نشاط العضلة الحلقائية - الطرحهارة الجانبية (LCA) في أنواع مختلفة من الهجوم. أشير إلى بداية الصاوت بـ «0». يكون أول النشاط في الهجوم الزملاوي (الخط المتقطع)، يليه الهجوم الجهري (الخط المنقط)، ويأتي في الدرجة الأخيرة الهجوم للصاوت للمهموس (الخط الصلب).

Relationship between Frequency and Intensity

العلاقة بين التردد والشدة

لقد رأينا أنه يمكننا زيادة شدّة الحبال الصوتية من خلال زيادة ضغط الهواء التحتجري وترك كافة الأشياء الأخرى ثابتة. إلا أنه، على أية حال، إذا ازداد الضغط الهوائي التحتجري من دون تعديلات عضلية في الحبال الصوتية، فإن الشدة، وكذا التردد الأساسي، سوف يزدادان... ولو أن شخصاً يصدر نغمة ثابتة ولَكُمْ بلطف على معدته، فإن جهازه النغمة لا تزداد فحسب، بل تزداد طبقة صوتها أيضاً. ويمكن أن يكون مبعث ارتفاع طبقة الصوت توتر انعكاسي (لا إرادي) في الحبال الصوتية أو ازدياد ضغط الهواء التحتجري الذي نشأ عنه إغلاق الحبال الصوتية بسرعة أكبر بسبب مبدأ برنولي، وعندما يتكلم إنسان، وهو في نهاية نفسه، فإن (F₀) يهبط على نحو طبيعي، ويهبط الشدة أيضاً بحوالي 2-7 هرتز في السمت من نقص في H₂O. لكنه يمكن للمتكلم على أية حال، أن يعكس هذا الانسجام. فلو أراد مطرب أن يزيد الشدة، ويبقى على (F₀)، فإنه يجب عليه، عندئذ، أن يخفف مقاومة الهواء في الحبال الصوتية إما بإرخاء العضلة الحلقائية - الدرقية إلى حد ما وإما بتخفيف التوتر العضلي الداخلي من خلال إرخاء العضلة الحلقائية - الطرجهارية، وعلى نحو مماثل أيضاً فإنه عند السؤال «Are you sure» يجب على المتكلم، كي يشير إلى صيغة السؤال بتردد أساسي صاعد، أن يعمل على عكس الهبوط الطبيعي في التردد في نهاية المجموعة التنفسية من خلال زيادة نشاط العضلة الحلقائية - الدرقية، أو شد الحبال الصوتية، وعليه في الوقت نفسه أن يضعف نشاط العضلات الين ضلعية الداخلية كي يعطي نبرة إضافية لكلمة (sure).

إن سبب الشدة الصوتية هو المقاومة الكبيرة (بوساطة الحبال الصوتية) لتيار الهواء المتزايد؛ حيث تفتح الحبال الصوتية على نحو أوسع مما يسمح لدفقة كبيرة من الهواء تحرك هي نفسها موجة ضغطية صوتية بسعة كبيرة. ولا تفتح الحبال الصوتية على نحو أوسع في كل دورة من الذبذبة في الشدة المتزايدة؛ ولكنها تبقى مجرورة باتجاه محورها لقسم أكبر من الذبذبة في كل دورة. يظهر الشكل (4.50) مخططاً بيانياً للتغيرات الحاصلة في الحبال الصوتية مع التغيرات الحاصلة في شكل الموجة.



الشكل 4.80: مخطط بياني لحركة الحبال الصوتية أثناء الجهر. تبقى الحبال الصوتية، في حالة الضغط الهوائي التحتوَجري المرتفع، مغلفة لقسم أكبر من الدورة التذبذبية، وتنغلق بسرعة أكبر. وبالتالي تزداد الشدة بالإضافة إلى التردد.

Summary

الخلاصة

لقد رأينا أن عملية النطق عملية «ديناميكية» تتميز أثناء الكلام الحفاري في مستويات الشدة والتردد والجهر. ونتاج العملية الصوتية تيار سمعي سريع مؤلف من سكوت، وأصوات دورية وضجيج. ويتمتع النّصير من حالات الجهر وإليها وعدمه بصموية باللغة بالنسبة للمتكلمين. ونتيجة لذلك، يبدّل المتكلمون العاديون لحظات الجهر. فعلى سبيل المثال: نقول [kæts], cats) - (س) مهموس (لا ترافقها ذبذبة في الحبال الصوتية)، ولكننا نجد من الأسهل، بعد صوت انفجاري مجهور، الاستمرار في ذبذبة الحبال الصوتية، وبغير (س) إلى (ز) كما في [dɒgz], dogs)، ومثال عدم قول هذه الرغبة أو الميل ما نجده في لفظ [gæddɪn] بدلاً من [gæddɪn] في كلمة (gasoline). ومثال آخر للصعوبات الموروثة في التغير السريع من حالات الجهر إلى علوه نجده عند المصابين بالعاقة. ويكمن القسم الأكبر من العاقبة في عدم القدرة على التنسيق السهل والساعم

لنشاط العضلي اللازم لفعل هذه التنقلات السريعة. فيمكن للطفل الذي يحاول نطق اسمه (Sam)، أن يطول [s] ويقول [sæm] أو أن يكرر [s.s.s-s]. والحق أنه لا يفاهى، [s]، بل يصدر [s] على نحو جيد ولكنه يفشل في التنقل السريع الناعم للمعظ الصائت [æ]. [28].

يجب تنسيق النطق مع التنفس. ويجب ربط الأوامر الحركية القادمة إلى الحجرة بتلك القادمة إلى الجهاز التنفسي. فعندما نأخذ نفساً للتكلم؛ يتمتع المرمار بسرعة قبل أن يتوسع الصدر، وعندما تتجذب الحبال الصوتية من أجل الجهر، يتزامن الفعل مع الزفير تماماً. يلخص الجدول (4.3) منظومة الحوادث فيذبذبة الحبال الصوتية من النبضات العصبية إلى النتائج في ضغط الهواء والحركات. تتجه الأسهم من اليسار إلى اليمين للإشارة إلى التعديلات العضلية، بينما تتجه من اليمين إلى اليسار في حالة القوى الحركية - الهوائية.

الجدول 4.3 مخطط بياني يلخص الأحداث أثناء الجهر

تدعى المختصرات المستخدمة في هذا الجدول الآتي: PCA = العضلة الحلقية - الطرجهارة الخلفية. IA = العضلة الطرجهارة الوسطى. LCA = العضلة الحلقية - الطرجهارة الجانبية. VOC = العضلة الصوتية. CT = العضلة الحلقية - الدرقية.

الأعضاء الثانوية	العضلات	حركات العضلات	ضغط الهواء	حركة الهواء
القصبة الهوائية (البهيم العائش) القصبة الهوائية	→ PCA	فتح الحبال الصوتية	يرتفع الضغط تحتصعري	يدخل الهواء إلى الرئتين عن طريق الشعب الهوائية
	→ IA	قلل توسع الصدر	تجهد الضغط عبر الزئبق	
	→ LCA	التجلبب للحبال الصوتية	الضغط تحتصعري < من الضغط الفوق حنجري	
	→ VOC	ضغط مصف الحبال الصوتية	يساعد توتر الحبال الصوتية	
	→ CT	توتر حنجري (صوتي)	الضغط تحتصعري يتطلب الضغط تحتصعري على مقاومة الحبال الصوتية	
القصبة الهوائية القصبة الهوائية للقصبة الهوائية		تفتح الحبال الصوتية		تتحرر نقطة (دقة) من الهواء
		تجلبب الحبال الصوتية	يمتلك الضغط الفوق حنجري	
		نمو محورها ثالثة	الحبال الصوتية يتزايد سرعة الهواء (بما يروني)	
		تفتح الحبال الصوتية	ينفي الضغط الفوق حنجري ثالثة	يتفتح تيار الهواء تتحرر نقطة أخرى من الهواء

Articulation and Resonance

النطق والرنين

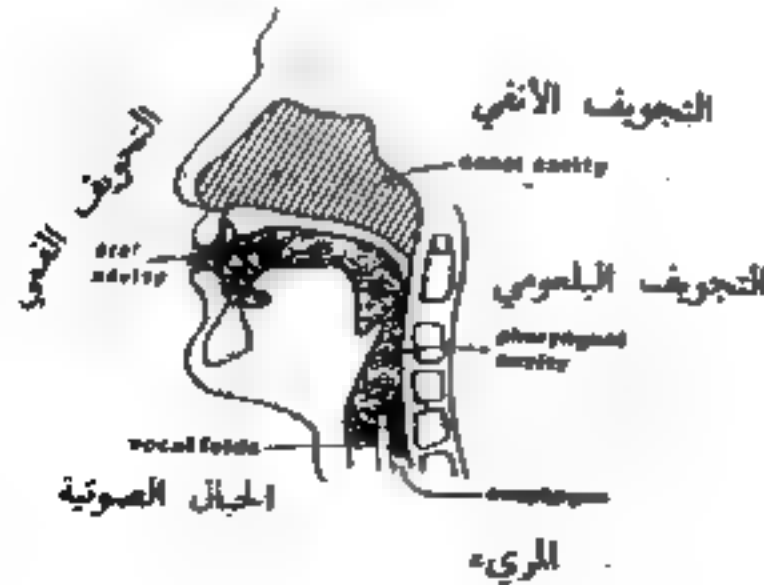
دعنا نستبعد ما ذكرناه مقلعاً، يمكن للهواء الخارج من الرئتين أن يخرج من الحنجرة ويؤودنا بالقلادة اللازمة للأصوات الصادرة فوق الحنجرة كما في الصوت المهموس (s)، أو أن يقطع إلى قطع هوائية صغيرة في الحنجرة المتذبذبة مسبباً إصدار صوت دوري. ومهما يكن فإن الصوت أو الأصوات، بغض النظر عن مصدرها كان في الحنجرة أو فوقها (المهم)، تخضع لعملية تحويل في ترددات المجرى الصوتي. وتشير كلمة «نطق» في المصطلحات الصوتية إلى حركات اللسان، والبلعوم، والحنك، والشفاه، والفك من أجل إصدار الأصوات الكلامية. بينما يشير الرنان، في هذا السياق، إلى استجابة جزئيات الهواء الصوتية (السمعية) داخل الفجوات الأنفية، الفمية والسمعوية لمصدر صوتي ما. يمكن تحريك الهواء استجابة لصوت من البلعوم، أو لصوت أصغر في الفجوة الفمية. وسنرى أن حركات أعضاء النطق ضرورية من أجل إصدار الأصوات في المجرى الصوتي نفسه، ومن أجل تغيير الصفات المرئية السمعية للمجرى الصوتي أيضاً.

The Vocal Tract: Variable Resonator

And sound Source

مرنان متغير ومصدر صوتي

يضم المجرى الصوتي كل الممرات الهوائية فوق الحنجرة؛ من الحنجرة وحتى الشفاه. أنظر الشكل (4.51)



الشكل 4.51: مقطع في الرأس يظهر تجويف المجاري الصوتية الرئيسة.

والمجوات المرتاتية الكبيرة هي: الفجوة البلعومية، والفجوة الفمية، والمجوة الأنفية عندما تكون مفتوحة. تكون أمكنة الهواء بين الشفاه والأسنان والحدود المجوات الوجية. وكذا يكون داخل الخنجرة والرعلي مرئيات أيضاً. ولعلك تتذكر في الفصل الثالث أن الألبيب المليئة بالهواء ترن بتردات معينة تعتمد على كونها مفتوحة من أحد طرفيها أو كليهما وعلى طول الأنبوب، وشكله، وحجم الفتحة. وإنا نعرف أيضاً أن للأجهزة الموسيقية مرئيات تكبر وتصفي الصوت. وتزود الأجهزة الموسيقية ذات الأوتار بمصاديق مرئاة تتدرج في الحجم كي تصفي صفات مختلفة على الموسيقى. فعل سبيل المثال: تركز فجوة القيول الكبيرة المرئاة، أو تؤكد، الترددات المنخفضة في الصوت المركب، في حين تؤكد المجوات المرئاة الصغرى في الكلمات الترددات العليا. وسعة المرئان الصوتي الإنساني الأساسية هي أنه يمكن تغيير شكله. يمكن تغيير أشكال الفجوة من خلال حركات أعضاء النطق. وإن عملية تقديم اللسان ورفعها تحدث منطقة صغيرة في الفجوة الفمية، ولكنها توسع منطقة المجوة الفمية، بينما تصبغ منطقة الفجوة البلعومية. إن إغلاق الشفتين ومدهما إلى الأمام يطول المجري الصوتي مسبباً إيجاد مرئان منخفض التردد أيضاً.

Sounds Produced

الأصوات المصدرة

إن الأصوات الكلامية التي نحدثها بالصوائت، والصوائت المركبة، والأنفية وأشياء الصوائت هي نتيجة نصفية الموجة الدورية الصادرة في الخنجرة أثناء مرورها في المجري الصوتي الذي يغير شكله وحجمه، ومن ثم يغير تردداته الربية في كل صوت. إن تغيرات الفجوة والتغيرات الرئية هي التي تجعل الأصوات متميزة. والأصوات التي تصدر عند الشفتين دورية بسبب حركات الحبال الصوتية المتكررة.

ويمكن للمجري الصوتي أن يكون مصدر أصوات عديدة أخرى. فالأصوات الصادرة في قسم المجري الصوتي العلوي هي أصوات لا دورية. وأحد أصناف هذه الأصوات هو صنف الأصوات العابرة الناتجة عن حبس التيار الهوائي، وإفلات ضغط الهواء المحجوز بعد ذلك، كما هي الحال في الوقف الصامت /v/، ويستعمل مصطلح الانفجاري أيضاً اعترافاً بطبيعة الدقة الهوائية الانفجارية.

وهناك صنف ثانٍ من الأصوات اللادورية تصدر في المجري الصوتي، ويمكن

تسميتها بالأصوات الضجيجية . يتم إصدارها من خلال إجبار التيار الهوائي على المرور من فتحة ضيقة، ومن ثم إصدار اضطراب ضجيجي . تستقر هذه الأصوات مدة أطول من الدفقات القصيرة الخاصة في أصوات الوقف . ومثال هذه الأصوات /s/ و /f/ .

Combined Sounds

الأصوات المركبة

يمكن لمصادر الأصوات الكلامية أن تتركب وتتجمع بعدة طرق . ويمكن لإغلاق صوت وقف أن يجتمع مع إطلاق صوت مهموس أو احتكاكي أو إفلاته والحصول، بذلك، على الصوت الوقفي - الاحتكاكي (/dʒ/) (affricate) ويمكن لمصادر الصوت العلوي في المجرى الصوتي، في أصوات الوقف، والاحتكاكيات، والأصوات الوقفية - الاحتكاكية، أن تتجمع مع الجهر (ذبذبة الحبال الصوتية) وتصدر، عندئذ، الأصوات المجهورة كما في /dʒ/, /tʃ/, أو /tʃ/. وبذلك يكون هناك مصدران لهذه الأصوات: أحدهما في الحنجرة والثاني في الفجوة الفمية . وفي كل هذه الحالات من إصدار الأصوات الناتجة في المجرى الصوتي تعمل فجوات المجرى الصوتي على رنين هذه الأصوات أيضاً . ولذلك، فإن المجرى الصوتي هو دائماً مرنان، وهو غالباً مصدر للأصوات أيضاً . أنظر الجدول (4.4) .

الجدول 4.4

مصادر الصوت الكلامي

أمثلة	الأسلوب	الصوت	الرنان	المصدر
/t/ /d/	الصوائت	دوري	المجرى الصوتي	الحبال الصوتية
/tʃ/ /dʒ/	الصوائت الثنائية			
/tʃ/ /dʒ/	أشباه الصوائت			
/m/ /n/	الأصوات الأنفية			
/p/ /b/	أصوات الوقف	لا دوري	المجرى الصوتي	المجرى الصوتي
/tʃ/ /dʒ/	الاحتكاكيات			
/tʃ/ /dʒ/	الوقف - الاحتكاكي			
/tʃ/ /dʒ/	الوقف - المجهور	مزيج من الدوري واللا دوري	المجرى الصوتي	الحبال الصوتية
/tʃ/ /dʒ/	الاحتكاكي المجهور			والمجرى الصوتي
/tʃ/ /dʒ/	الوقف - الاحتكاكي			

سنناقش، بعد وصف المجرى الصوتي، أصوات الإنجليزية. مبدأ أكثرها فتحاً للمجرى الصوتي وأكثرها رنيناً (الصوائت، الصوائت المركبة، وأشياء الصوائت)، ونتقدم بعد ذلك لمناقشة الأصوات التي هي أقل من الأولى رنيناً والتي تتمتع بمجرى صوتي ضيق نسبياً (الأصوات الأنفية)، أصوات الوقف والاحتكاكيات. وسنناقش، في كل صنف من هذه الأصوات «فيزيولوجيا» إحداهما والنتيجة السمعية أيضاً.

علامات المجرى الصوتي المميزة Landmarks of the Tract

يؤلف أنبوب عضلي يعرف بالبلعوم قسم المجرى الصوتي الخلفي. وتقسم العضلات، حسب موقعها، على ثلاث مجموعات (الشكل (4.52): العضلات القابضة الداخلية، وهي على مستوى الحنجرة، والعضلات القابضة الوسطى وتبدأ في منطقة عالية في الخلف وتنزل إلى مستوى العظم اللامي، والعضلات القابضة العليا وتمتد من مؤخرة البلعوم ومستوى الحنك إلى مستوى الفك السفلي.



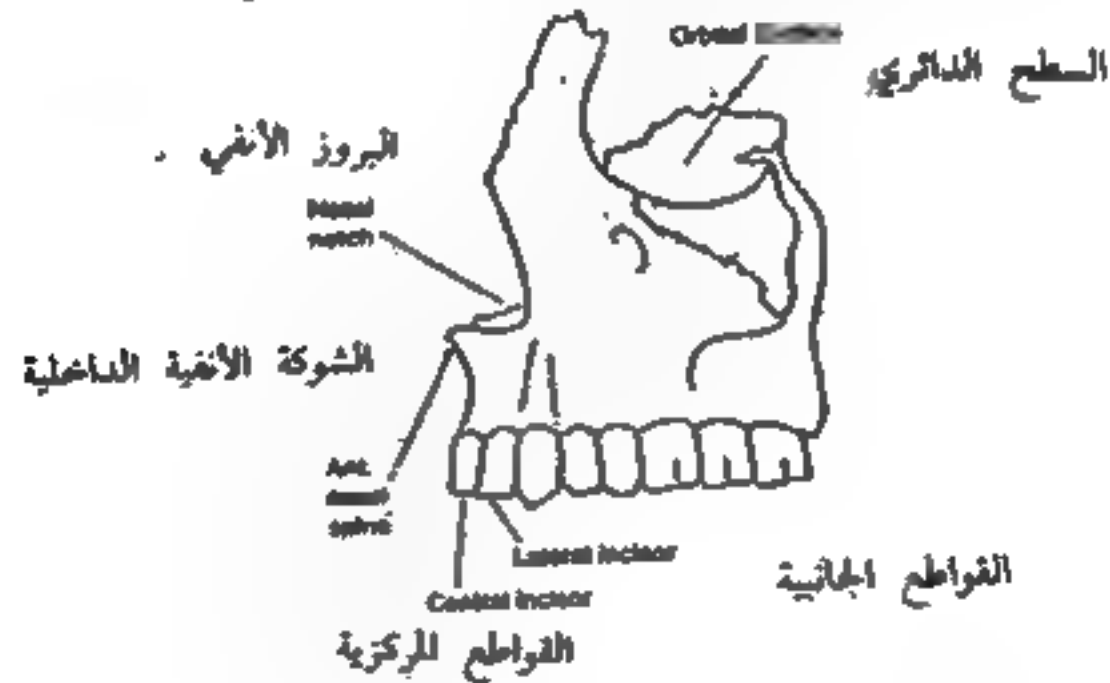
الشكل 4.52: منظر جانبي لعضلات البلعوم القابضة.

يصيِّق انقباض العضلات القابضة الفجوة البلعومية، ويسبب ارتجاع هذه العضلات توسع الفجوة البلعومية، وتفتح الفجوات الأنفية، والفمية والحنجرية على الفجوة البلعومية وتسمى الأقسام البلعومية خلف كل تجويف بالبلعوم الأنفي، والبلعوم الفمي والبلعوم الحنجري على التعاقب. أنظر الشكل (4.51).

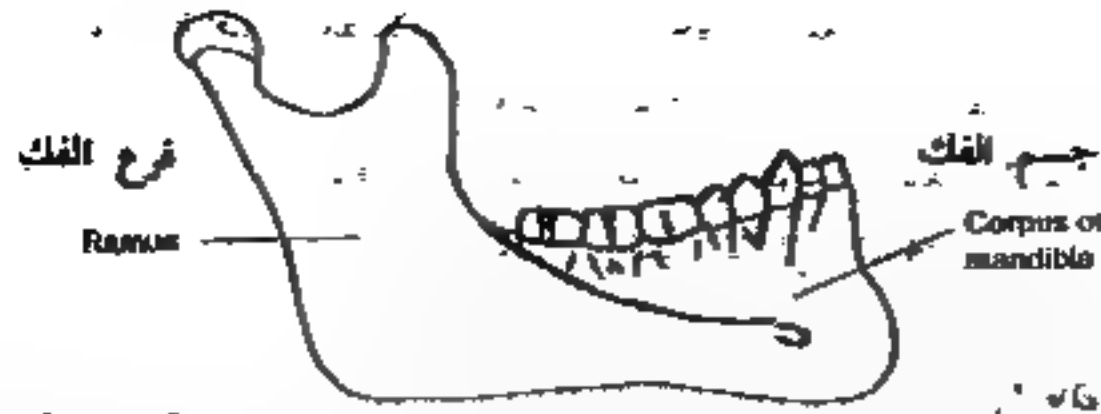
Oral Cavity

التجويف الفمي

يحاط التجويف الفمي من الأمام والأطراف بالأسنان الموجودة في الروائد اللثوية للفك العلوي، الشكل (4.53) والفك السفلي الشكل (4.54). وأكثر الأسنان أهمية بالنسبة للكلام هي القواطع، وهي الأسنان ذات الأطراف المنبسطة المقاطعة في مقدمة الفم. هناك قاطعتان مركزيّتان وأخريان جانبيتان في كل فك، وتستخدم مع الشفة السفلى، أو اللسان، أو فيها بينها لخلق تضييق في إصدار أصوات مثل /b/ و /p/.

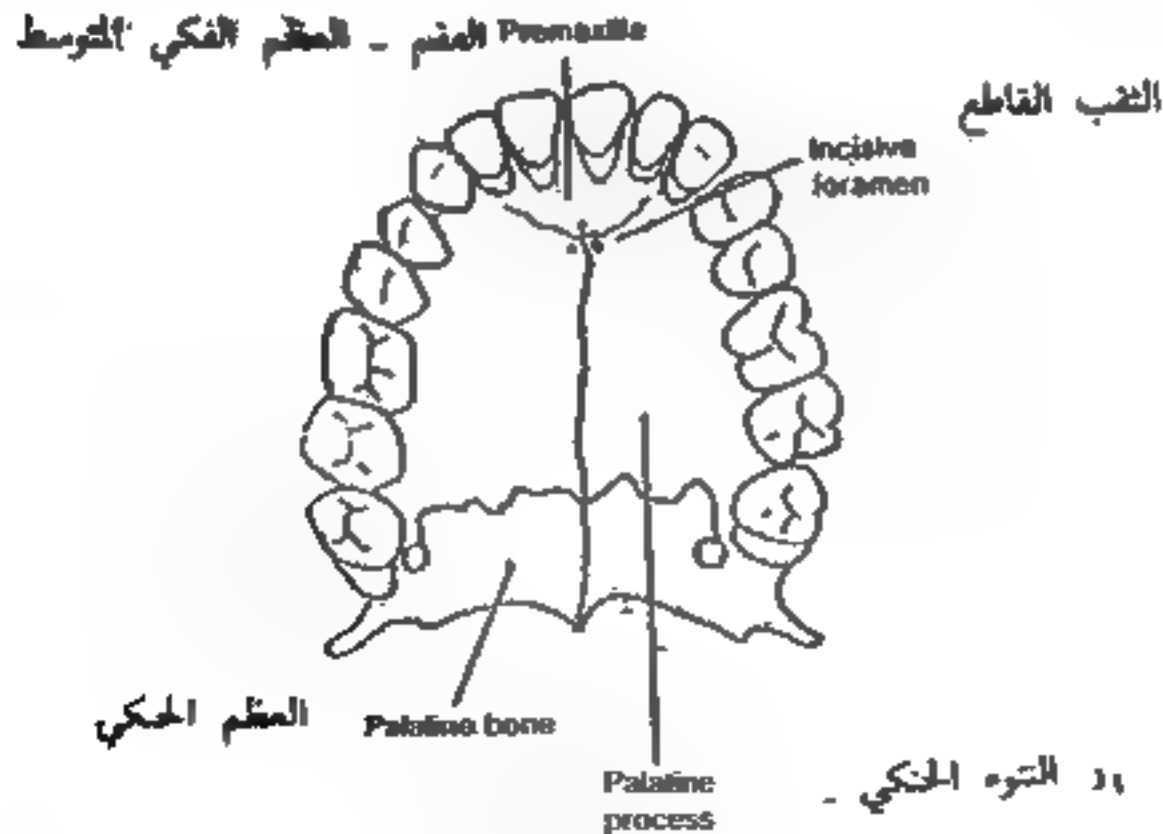


الشكل 4.53 - الفم (الفك العلوي)، مع القواطع. كما وأشار إلى سطح تجويف العين السفلي.



الشكل 4.54: الفك بجزئيه الرئيسين. الفرع، والجسم.

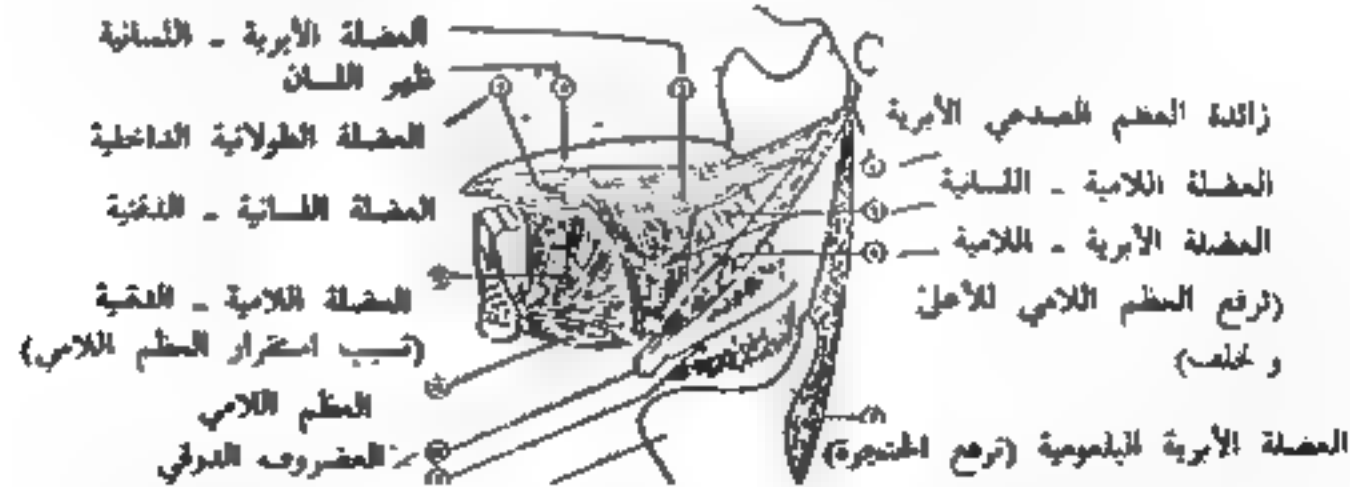
يتألف سقف التجويف القمي من الحنك القاسي الشكل (4.55) والحنك الزخري أو اللهاة. يشكل التوء الحنكي للعظم الفكّي الأعلى ثلثي داخل الحنك القاسي، بينما يؤلف ثلثه الباقي قسم من العظم الحنكي. وعلامة هامة في الحنك القاسي هي القسم الخارجي من التوء السنخي، وتسمى الحافة السنخية ويمكنك تحسّس الحافة السنخية كالف اللثوي خلف القواطع العليا. وتولّد أصوات كثيرة لو قرّنت نتيجة أعمال اللسان وعلاقتها بالحافة اللثوية العليا هذه.



الشكل 4.55: الحنك القاسي مع زائدة القمم الحنكية والعظم الحنكي.

تمتلك اللهاة أو الحنك الرخو عضلة خاصة مستقلة تسمى العضلة اللهاة. يمكنك رؤية اللهاة وهي معلقة في مؤخرة فمك عندما تنظر إلى المرآة. يتألف قسم اللهاة الأكبر، على أية حال، من عضلة عريضة تداخل أطراف اللهاة من العظم الصدعية خلف كل طرف وفوقه، وتسمى هذه العضلات بالعضلات الحنكية الراحعة واسمها مناسب تماماً، لأن وظيفتها هي رفع الحنك الرخو، ومن ثم إغلاق التجويف الأنفي في الأعلى (أنظر الشكل 4.51 في الأمام). وعندما تنقبض العضلات الحنكية الراحعة، يرتفع الحنك الرخو إلى الأعلى والوراء باتجاه جدار البلعوم الداخلي. يحدث هذا العمل (الإغلاق اللهاة - البلعومي)، نوعاً ما، في معظم الأصوات الكلامية الانجليزية. تحتاج الأصوات الانجليزية الأنفية الثلاثة (/m/, /n/ و /ŋ/) إلى رنين أنفي. ومن أجل هذه الاستثناءات، يبقى المجرى المتوجه نحو التجويف الأنفي مفتوحاً بفعل إدخال العضلات الحنكية الراحعة.

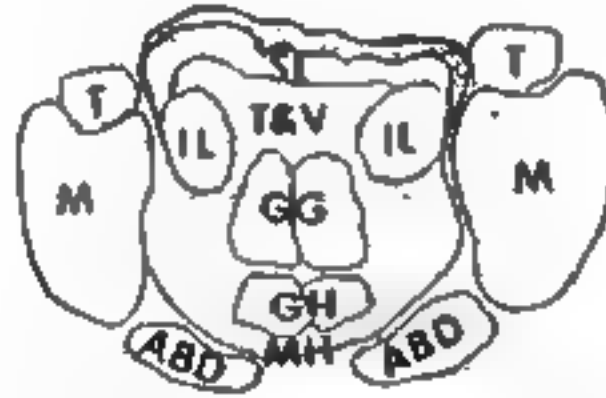
يتألف معظم قاع التجويف الفمي من كتلة عضلية ثلاثية الأبعاد تسمى اللسان. ويمكن للسان أن يتحرك - ككتلة في ثلاثة اتجاهات: إلى الأعلى والخلف، إلى الأسفل والخلف، وإلى الأعلى والأمام. تمكن عضلات اللسان الخاصة من تحريك جسم اللسان في الحيزات الفمية والبلعومية بسبب اتصالاتها بخارج اللسان. الشكل (4.56).



الشكل 4.56 - مخطط ياتي جاني يوضح عضلات اللسان الجوهريّة، وبعض التراكيب الأخرى.

وتتصل العضلات الأبرية - اللسانية بتوء العظم الصدغي الأبري. وتجري الألياف العضلية إلى الأمام والأسفل داخلةً أطراف اللسان. يؤدي انقباض العضلات الأبرية اللسانية إلى جر اللسان للخلف والأعلى. وهذه الحركة مهمة في مثل أصوات /v/ و /s/ و /z/. وتتصل العضلات اللامية - اللسانية بالعظم اللامي، وتجرى الألياف العضلية في صحيفة رقيقة إلى الأعلى نحو قاعدة اللسان الجانبية. يؤدي انقباض العضلات اللامية - اللسانية إلى انخماض اللسان وتراجع. تمتلك الأصوات /d/ و /t/ مواقع لسان حلقية. وتتصل العضلات الذقنية - اللسانية بداخل الفك السفلي عند العمود الفقري الأعلى. وتتوزع الألياف العضلية إلى الأعلى والخلف على نحو مروحي مخرقة طول اللسان بكامله، وإلى الأسفل بما في ذلك العظم اللامي. يجذب انقباض العضلات اللسانية - الذقنية العظم اللامي وجرع اللسان إلى الأمام بما يسمح لمقدمة اللسان بالتحرك إلى الأمام والأعلى. إن وضع اللسان في موقع عالٍ متقدم ضروري للأصوات مثل /v/ في «888».

فبينما تقرر العضلات الخارجية موقع اللسان العام، تقرر العضلات الخاصة باللسان شكله. الشكل (4.57).



الشكل 4.57 - مقطع أمامي للسان. يشار إلى عضلات اللسان المحورية على النحو الآتي:
 SL = العضلات الطولية العليا. T و V = العضلات العمودية والمستعرضة. IL = العضلات الطولية السفلية. GG = العضلات اللسانية - الذقنية. GH = العضلات اللامية - الذقنية. MH = العضلات اللامية - الفكية. ABD = جزء العضلة ذات البطنين الداخلي. T = الأسنان. M = الفم.

تتألف العضلة الطولانية العليا من عدة ألياف عضلية تمتد من مؤخرة اللسان إلى مقلعته، يؤدي تقلص العضلة الطولانية العليا إلى أنحناء رأس اللسان نحو الأعلى. بينما تعمل العضلات الطولانية السفلية، التي تمتد من مؤخرة اللسان إلى مقلعته على طول وجهه السفلي، على تخفيض مقدمة اللسان. يقع قسم كتلة اللسان الأكبر بين العضلة الطولانية العليا والعضلة الطولانية السفلى. تشابك الألياف العضلية التي تمتد من وسط اللسان إلى أطرافه (العضلات العمودية) مع الألياف العضلية التي تمتد من وسط اللسان إلى أطرافه (العضلات المستعرضة). تعطي عضلات اللسان الوسطى مجموعة أشكال اللسان المختلفة.

The Lips

الشفاة

تنتج العديد من العضلات الوجهية مع ألياف العضلة المدارية الفمية التي تحيط بالشفيتين (الشكل 4.58) إن انقباض العضلة المدارية الفمية ضروري لإغلاق الشفتين من أجل إصدار الأصوات الشموية /b/, /p/ أو /m/, أو التقريب بينهما كما في /w/ أو /v/.



الشكل 4.58. العضلات الوجهية. أشير إلى موقع العضلة المدارية الفمية.

النظرية السمعية لإصدار الصوت Acoustic Theory of vowel production

كتب شيبا (Chiba) وكاجياما (Kajiyama) عام 1941 بحثاً كلاسيكياً عن اشتقاق الصائت السمعي. وقد حسب كرانفال (Grandall)، من مختبرات بيل، معتمداً على عمل فان هيلهمولتز المبكر وبعض من الآخرين، رنين المجرى الصوتي في عدة صوائت من خلال تطبيق قوانين سمعية لمرنانات مزدوجة من معادلات حسبها ريلاية (Rayleigh) عام 1896. فقد قاس شيبا وكاجياما المجرى الصوتي من خلال صور شعاعية، مستخدمين صيغ كرانفال، وحسب ترددات المرنان الواحد الرنيبة والمرنانات المزدوجة لأحجام متشابهة. وعندما تصادفت الترددات المحسوبة مع ترددات صوائت حقيقية، اعتبرت مجموعة طوكيو أنها حصلت على معلومات حول ذلك المرنان. فقد ساوى رنين الصائت /a/ رنين مرنان مستغل؛ بينما تناظر رنين /u/ و /i/ مع رنين مرنانات مزدوجة. قدم فانت (Fant)، السويدي، دراسة متكاملة حول سمعيات الصوائت معتمداً على قياسات المجرى الصوتي من صور شعاعية التقطت لشكلم روسي خلال إصدار الصوائت. وطبقت نظريته النظرية السمعية حول إصدار الكلام عام 1960. وتربط هذه النظرية بين مبدأ المصدر - المصممة في إصدار الصوائت والمرنانات كما هي الحال في مرسمة الطيف الصوتي. وقد وجد فانت أن النموذج هيلهمولتز لا يصلح على نحو مناسب إلا لعدة صوائت فحسب. وقد استخلم النموذجاً ثلاثي الأبعاد طوره ستيفس (Stevens) وماوس (House) في تحديد التضييق اللساني، ومقدار اقتراب الشفتين إحداهما من الأخرى وفي حساب مقاطع المجرى الصوتي العرضية. وقد وجد أنه من المناسب اعتبار المجرى الصوتي، في معظم الصوائت، أنبوباً متفرعاً، أما في حالة الصوائت فإن اعتباره خط بث أكثر تعقيداً ربما كان وصفاً أدق.

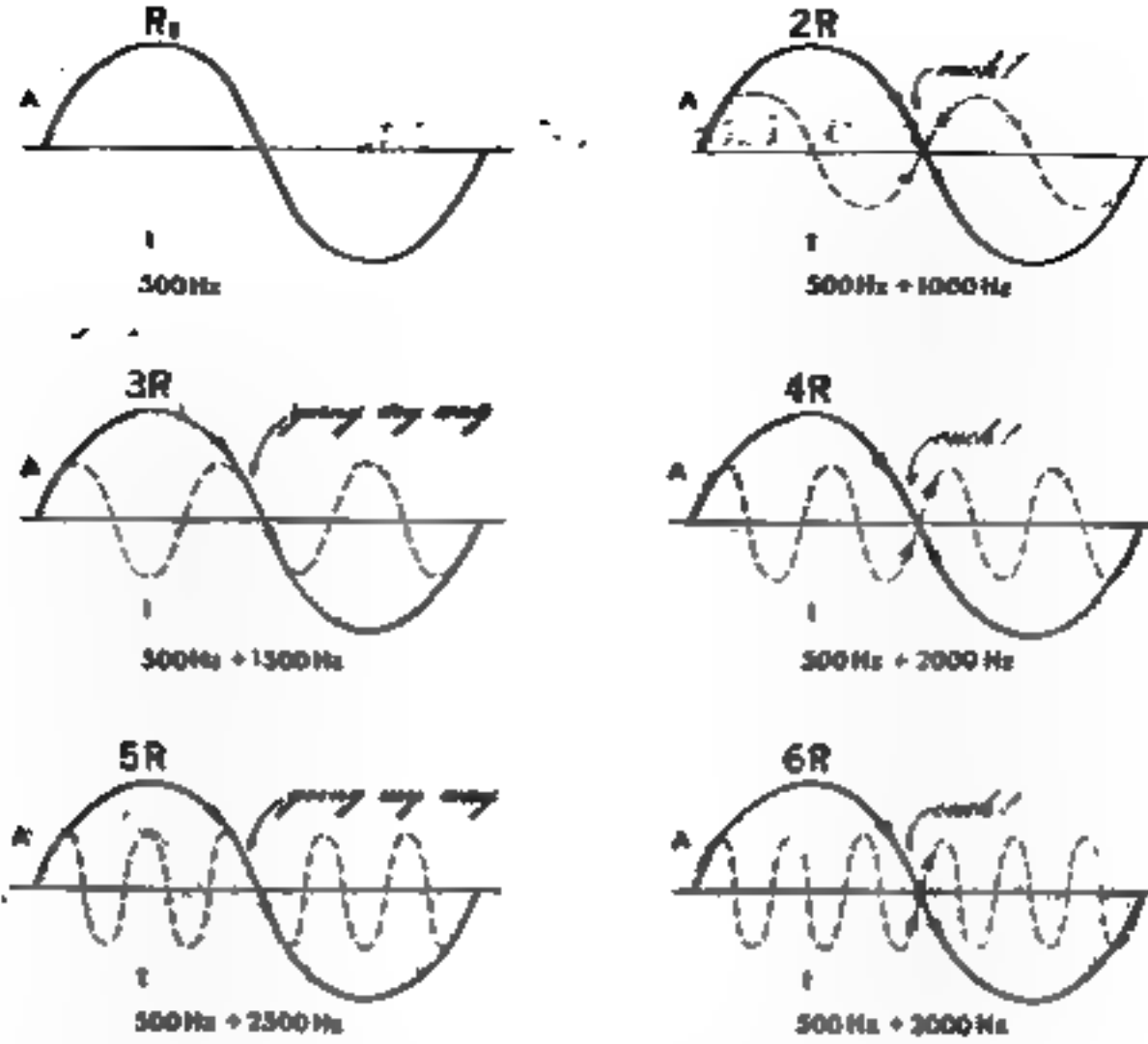
رتين أنبوب مفتوح من أحد طرفيه Resonance of tube open at one end

يشبه للمجرى الصوتي أثناء إصدار الصوت أنبوباً مغلقاً من أحد طرفيه ومفتوحاً من الطرف الآخر؛ لأن الحبال الصوتية للمتكلم تبقى متعلقة، أساساً، خلال إصدار الجهر، وتبقى الشفتان مفتوحتين. وسيكون لأدنى تردد طبيعي يرن له مثل هذا الأنبوب موجة يبلغ طولها (λ) أربعة أضعاف طول الأنبوب. ويمكن للمجرى الصوتي عند الرجل أن يبلغ حوالي 17 سم؛ وسيكون طول موجة أدنى الترددات الرنينية التي سيتذبذب الهواء داخل الأنبوب وفقاً $\lambda = 4 \times 17$ أو 68 سم. ولحساب تردد الذبذبة $(F = \text{طول الموجة} / \text{السرعة})$ يجب على المرء حساب سرعة الصوت في الهواء. فلو قيس طول الأنبوب بالأقدام، لوجب استخدام سرعة الهواء مقبولة بالأقدام كذلك (1136 قدماً في الثانية) في الصيغ كافة، ولأننا استخدمنا القياسات المترية يجب علينا حساب السرعة بالمستمرات (344 متراً في الثانية وبالتالي 34,400 مستمراً في الثانية).

$$F = \frac{C}{\lambda} = \frac{34,400 \text{ cm}}{68 \text{ cm}} = \text{about } 506 \text{ Hz}$$

$$\text{التردد} = \frac{\text{السرعة}}{\text{طول للموجة}} = \frac{34,400 \text{ سم}}{68 \text{ سم}} = 506 \text{ هرتز تقريباً}$$

حيث تمثل C سرعة ثابتة، لأن الصوت ينطلق بسرعة ثابتة في درجة حرارة ووسط ثابتين. وبذلك نرى أن أدنى تردد رنيني لمثل هذا الأنبوب هو 500 هرتز تقريباً. وسنرى وفقاً لمضاعفات هذا التردد الوترية. ولماذا المضاعفات الوترية؟ إن التوافقيات الشفعية ليست ترددات رنينية مؤثرة، يوضح الشكل (4.58) انسجام المضاعفات الوترية مع تردد الأنبوب الرنيني 500 هرتز. يتصادف اتجاه الموجات الضغطية واتجاه موجات المخلحلة في التقاطع صفر، بينما تؤثر الترددات الشفعية التي هي مضاعفات شفعية للتردد الرنيني الأساسي جزئيات الهواء بقوة مضاعفة بحيث تبطل الواحدة الأخرى.

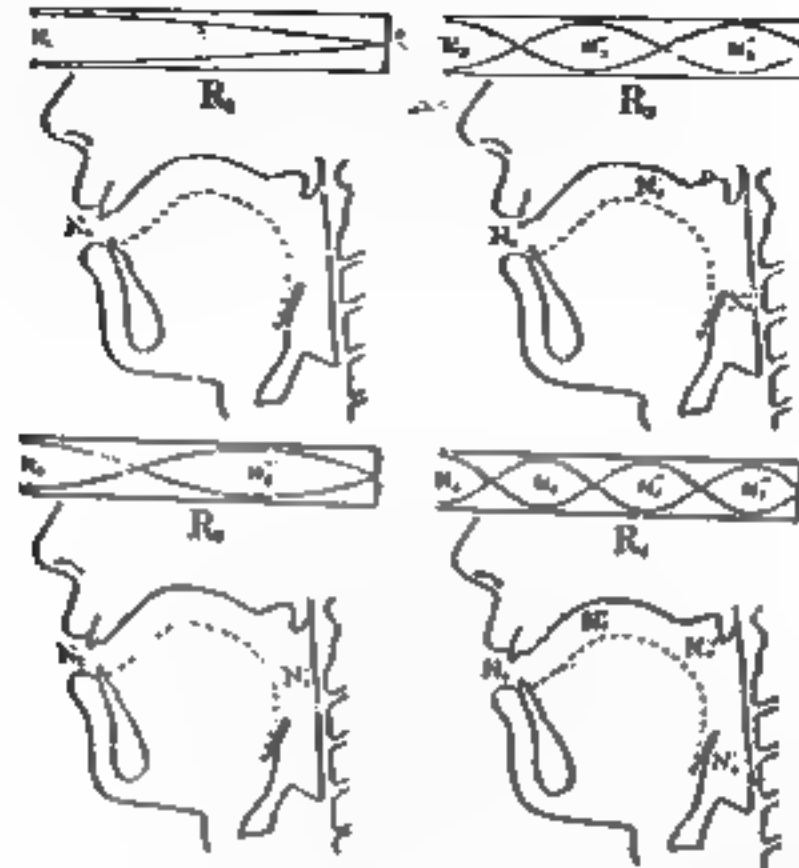


الشكل 4.59: الترددات الرنينية لأنبوب مغنوح من أحد طرفيه ومغلق من الطرف الآخر، فالترددات الرنينية الشبيهة ليست مؤثرة لأنها تُلغى عند مدخل الأنبوب («ouch!»)، بينما نجد التوافقيات الوترية منسجمة («going my way»).

رنين المجرى الصوتي عند الرجل Resonance of Male Vocal Tract

يرى، إذاً، أن الانابيب ترن على نحو طبيعي بترددات معينة عندما نحث بطاقة ما، ونعتمد تردداتها على شكل الأنبوب وطوله. ويشبه المجرى الصوتي الأساني المرنان السمي الذي وصفناه. وإن كان هناك، على أية حال، العديد من الاختلافات أيضاً لأن المجرى الصوتي لا يشبه، أساساً الأنبوب القاسي؛ فلمجرى الصوتي جذران داعمة متممة للصوت؛ ومقطعه العرضي غير ثابت أبداً، لكن التشبيه قريب ومناسب لحشاها

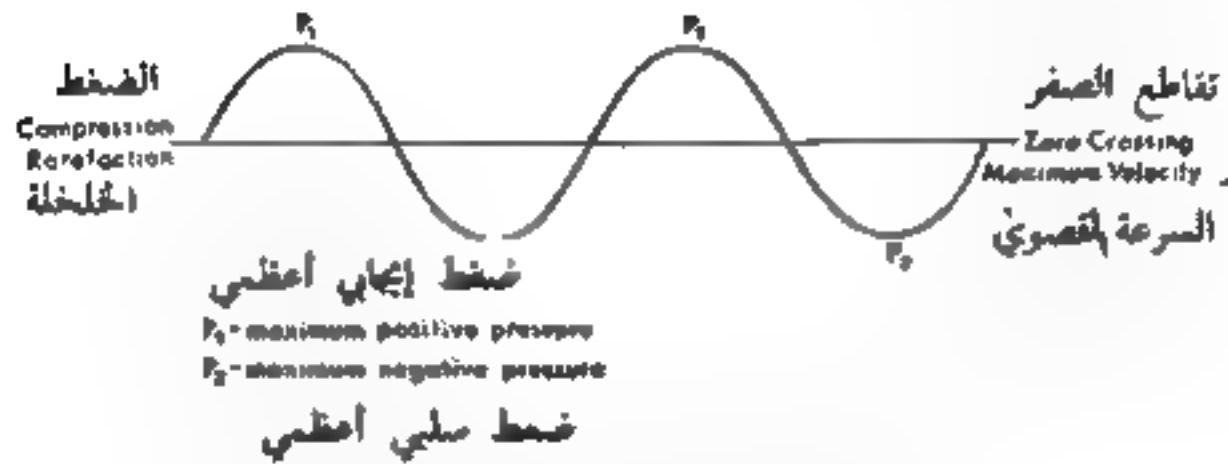
لقد وضع شيئا وكالجيالما رتين أتيوب مفتوح من أحد طرفيه وقارنا هذا الرنين بذلك الرنين الذي يحدث في مجرى صوتي متسق للمقطع العرضي تقريبا. أنظر الشكل (4.60).



الشكل 4.60: رنين المجرى الصوتي. (راجع النص لمزيد من الشرح). تمثل N نقاط السرعة القصوى، بينما تمثل R الرنين.

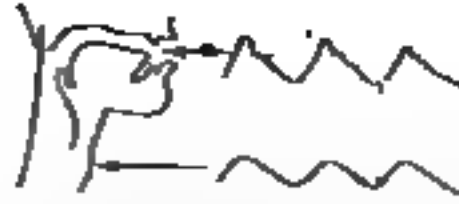
إن الرنين الأول لكل ذلك الأنبوب أو المجرى، كما يبدو مخططه في الزاوية اليسرى العليا، هو تردد يبلغ طول موجته أربعة أمثالي طول الأنبوب، ولذلك فإن ربع الموجة الضغطية يمكن أن يستحث الهواء داخل الأنبوب في أية لحظة مستقلة. ويصل الموجة الضغطية الأولى سرعتها القصوى (N_1) عند فتحة الأنبوب، أو الشفتين كما في حالة المرنان الإنساني. ويكون التردد الثاني الذي يتذبذب به مرنان كالمرنان الإنساني، كما يبدو في الزاوية اليسرى السفلى، ثلاثة أمثالي أدنى الترددات الرنينية. ويظهر ذلك من أن ثلاثة أرباع طول الموجة يساوي طول الأنبوب. ويتشبه هذا نفسه، نقطتين من السرعة القصوى (N_2 و N_3)، وسيكون الزين الثالث R_3 تردداً بموجة أقصر من الأنبوب أو المجرى الصوتي. إنها تساوي خمسة أمثالي أدنى رنين، وبالتالي فإن خمسة أرباع الموجة

يساوي طول الأنبوب، ومتحدث السرعة القصوى في ثلاثة أماكن. ويساوي الرنين الرابع سبعة أمثال الرنين الأول، ومتحدث السرعة القصوى في أربعة أماكن. إن نقاط السرعة القصوى مهمة لأن شياً يظهر كيف يغير الرنين تردده إذا ضُيق المحرى بالقرب من نقطة من نقاط السرعة القصوى أو نقطة من نقاط الضغط الأقصى. تذكر (الفصل الثالث: مناقشة الحركة التوافقية البسيطة) أن نقاط الضغط الأقصى تناظر عكسياً مع نقاط السرعة الدنيا والعكس بالعكس. يمكن للشكل (4.61) أن يوضح العلاقة العكسية بين الضغط والسرعة.



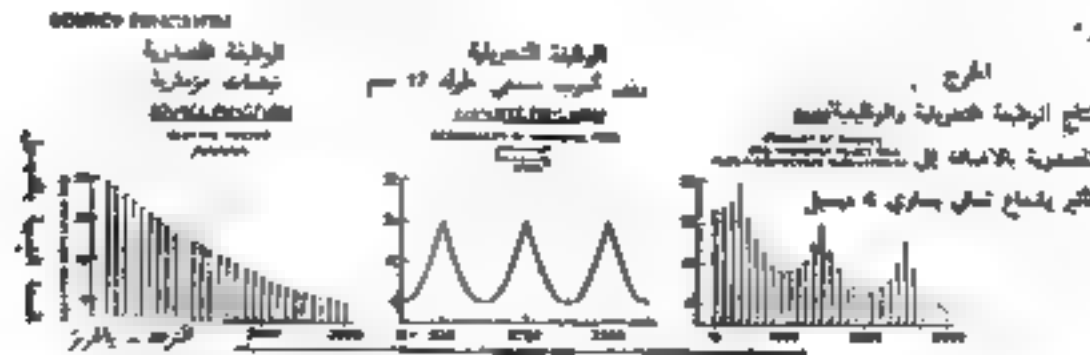
الشكل 4.61: العلاقة العكسية بين الضغط والسرعة في الموجة الجيبية. يكون الضغط على أشده في النقاط P_1 و P_2 للقيم الإيجابية والسلبية على التوالي. وتكون السرعة على أشدها في تقاطع الصفر و (أقل معدل للسرعة) في النقاط P_1 و P_2 .

وفي متابعتنا مناقشة المجرى الصوتي غير المضيق المقطع العرضي، نحل أن صوتاً يصدر في الحبال الصوتية ويمر عبر مجويف مليئة بالهواء، تزن بترددات 1500, 500 و 2500 هرتز ويساوي ذلك الترددات الرنينية نفسها لأنبوب يبلغ طوله 17 سم، كالذي ناقشناه في الفقرة السابقة. لقد قلم ستيفنز وهاموس وفانت نسخاً مبسطة عن كيفية تغير الصوت الصادر في الحبال الصوتية باستجابة المجرى الصوتي الترددية. ويمكن للطريقة المفضل في فهم التغيرات الحاصلة أن تكون من خلال مقارنة الصوت في مصدره عند الزملاز بشكله النهائي عند الشفتين. ومهما تكون التغيرات السمعية الحاصلة، فإنه يمكن ردها إلى تأثيرات البث أو النقل عبر المجرى الصوتي. يقارن الشكل (4.82) أشكال موجة صائت عند مصدره وعند الشفتين.



الشكل 4.62: موجة صوتية عند الشفتين وعند الزمزر. لاحظ أن شكل الموجة أكثر تعقيداً عند الشفاه بسبب عمل المجرى الصوتي التصفوي.

يجب الاستدلال على شكل الموجة عند مصدرها استدلالاً، لأنه يجب على المرء أن يبدئي مدياعاً وميكروفوناً إلى الخنجرة ويسجل الصوت إذا رغب في الحصول على شكل الموجة مباشرة. ويبدو للوهلة الأولى كأن للصائت طاقة من الترددات العالية تفوق شكل الموجة المزمزمية. يمكن فهم طبيعة التغيرات الحاصلة أثناء النقل من خلال الرجوع إلى أطراف هورير. وتحليل هورير، كما تذكر في الفصل الثالث، هو عملية تحليل الموجة المركبة إلى تردداتها المكونة. يمكن رؤية طيف الصوت عند مصدره (الصوت الصادر عند الحبال الصوتية) مؤلفاً من تردد أساسي (يماثل تردد ذبذبة الحبال الصوتية) وعدة مضاعفات أو توافقيات للتردد الأساسي أنظر الشكل (4.63). وتتضائل شدة هذه التوافقيات كلما ازداد ترددها. فلو استطعنا سماع صوت ذبذبة الحبال الصوتية فسيكون كآزيز منخفض الطيف الصوتية. يمثل الطيف الأوسط رسماً بيانياً للترددات الرنينية لمجرى صوتي حسبته على أنها 500, 1500 و 2500 هرتز. هذه هي الترددات التي سيتذبذب بها الهواء الموجود في مجرى من ذلك الشكل والطول أعظمياً استجابة لصوت مركب آخر.



الشكل 4.63: يظهر الرسم في يسار الشكل طيف المصدر المزمز، بينما يظهر الرسم في اليمين الطيف بعد تعديله بواسطة تحويلية تاملر مجرى صوتي عليه الإضافة إلى تأثير إشعاعي. تقع الوظيفة الصوتية في منتصف الشكل.

الشكل 4.64: يظهر الرسم في يسار الشكل طيف المصدر المزمز، بينما يظهر الرسم في اليمين الطيف بعد تعديله بواسطة تحويلية تاملر مجرى صوتي عليه الإضافة إلى تأثير إشعاعي. تقع الوظيفة الصوتية في منتصف الشكل.

وعندما يث صوت كالذي في الطيف الأول في مجرى صوتي يرن تلك الترددات التي أشرنا إليها في الطيف الثاني، سيكون الناتج نتاجاً من كليهما. وعلى نحو خاص، يُصغي المصدر الزماني بتوافقياته المتعددة وفقاً لاستجابة المجرى الصوتي الرئيسية. أما تلك التوافقيات البعيدة عن الترددات الرئيسية، فتفقد القدرة، ومن ثم تتضاءل إلى حد كبير يمتلك الصوت الذي يخرج من نهاية المجرى (الشفين) توافقيات الصوت نفسها عند مصدره (الزمن) إلا أن صفة التوافقيات يتغير مخيرة صفة الصوت.

إن الترددات التي وصفناها مناسبة للمجرى الصوتي عند رجل محابذ، وهو مجرى مصمم لإصدار الصوت (d) كالمصاوت الثاني في «Solen»، لن تكون الترددات الرئيسية للمجرى الصوتي نفسه لو كان أطول، أو أقصر، أو مختلفاً في حجمه وشكله. يختلف المتكلمون في الحجم، ويمكن للمتكلم أن يجرى شفته، ولسانه وفكّه مبتكراً عدة أحجام وأشكال مختلفة في المجرى الصوتي. وإن أي تغير في المجرى الصوتي سيبدل الترددات التي ترن بها التجويف. هناك تجربة مقعة تظهر تأثير المجرى الصوتي بوصفه مرناً متغيراً وهي أن تونم نغمة ثابتة، وتحرك بعد ذلك الشفتين، واللسان في سائر الاتجاهات ومن دون برجة أو تحطيط قبلين، وأن تلاحظ وتسمع التغيرات الخاصة، يبقى مصدر الصوت عند الحبال الصوتية ثابتاً؛ أما التغيرات الوحيدة فهي في الشكل المرنان. ويكتشف المرء أنه يمكنه إصدار كل أصوات المصاوت من خلال تغير شكل المجرى الصوتي فحسب.

الصواوت /a/, /u/ و /u/ Vowels /l/, /a/ and /u/

ولكي نحصل على فهم أفضل لإصدار الصواوت، دعنا نتابع الأصوات /a/, /u/ و /u/، زوايا المثلث الصاوت، من مصدرها في الحبال الصوتية؛ وكيف تتحول عبر المجرى الصوتي (الذي يضخم بعض التوافقيات ويضعف بعضها الآخر)، حتى تخرج من الشفتين. تسمى نتيجة ذبذبة الحبال الصوتية السمعية بـ «الوظيفة المصدريّة»،

وتسمى النتيجة السمعية لطول مجرى صوتي ما وشكله بـ «الوظيفة التحويلية». ويكون الخرج عند الشفتين نتاج الوظيفتين (بالإضافة لتأثير ناتج عن انتشار الصوت عند الشفتين). والوظيفة المصدرية مسئلة كثيراً عن الوظيفة التحويلية. فعلى سبيل المثال، يمكنك أن تتخذ شكلاً ثابتاً للمجرى الصوتي وأن تصدر صوتاً ذا ترددات أساسية مختلفة. فعندما تغني الصائت /i/ متدرجاً نحو الأعلى في السلم الموسيقي، تدرك تماماً بحافظتك على المرنان المناسب للصائت /i/ في كل نغمة، بينما نجد أن مصدر الصوت يتغير. وعندما يتغير المصدر يحدث هناك اختلافات: يختلف التردد الأساسي، ويختلف مواقع نوصع التوافقيات، كما ناقشنا قبل في بحث السطق (أنظر الشكل 4.55). وعلى الرغم من هذه الاختلافات، فإن رنين المجرى الصوتي يبقى ثابتاً.

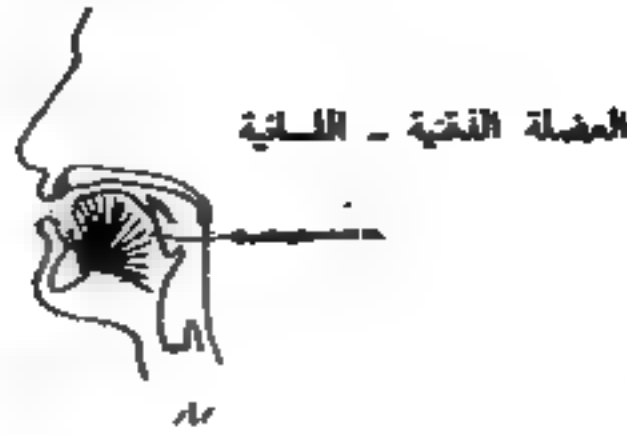
الصائت الأمامي غير المدور High, Front, unrounded Vowel

يتميز الصوت /i/ في كلمة /key/ بطاقة ترددية رنينية عالية في التجويف الفمي. ومن أجل الحصول على رنين له مثل هذه الترددات العالية، يجب جعل التجويف الفمي صغيراً. وهذا هو مبعث رفع المتكلم لسانه نحو الحافة السخية. يشغل جسم اللسان معظم التجويف الفمي تاركاً حجماً صغيراً من الهواء كي يرن (الشكل 4.64).



الشكل 4.64: تظهر الزاوية اليسرى صورة جانبية للسان في إصدار الصائت [i] بينما تظهر الزاوية اليمنى منطقة مقطع عرضي للمجرى الصوتي في [i]. يشير المحور السيني (الأفقي) إلى البعد عن الشفتين.

ويتسع البلعوم، على أية حال، لأن قسم اللسان الخلفي الذي يشغل الفراغ البلعومي يتحرك عادة إلى الأعلى والأمام. أما العضلة المسؤولة مباشرة عن هذا التعديل فهي العضلة الدقنية - اللسانية التي يزودها بالأعصاب العصب القحفي الثاني عشر (العصب تحت - لاسي). أنظر الشكل (4.65).



الشكل 4.65: تخرج المضلة النقية - اللسانية اللسان للأعلى وللأمام أثناء إصدار الصائت [a].

يُصنّف /a/ على أنه صائت عالٍ، أمامي وغير مدور لأن اللسان مرتفع فيه ومتقدم للأمام ولا يوجد هناك تضيق أو تدوير في الشفتين.

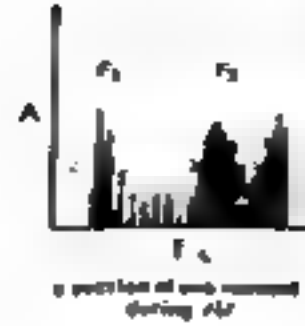
فلو أصدر متكلم الصوت /a/ بتردد أساسي يساوي 300 هرتز فإن التوافقيات الخارجة عبر المجرى الصوتي سوف تختلف، لكن ترددات المجرى الصوتي الرنينية تبقى ثابتة. يعكس مخرج المجرى الصوتي الوظيفة المصدرية في حضور التوافقيات الحقيقية ونقصان شدة الترددات الأعلى، لكنه يعكس، أساساً، وظيفة التجاويف التحويلية، لأنه مهما تكن الوظيفة المصدرية، فإن نمط الرنين يبقى متشابهاً في الصائت المحدد. لاحظ أنه ليس ضرورياً لرنين المجرى الصوتي المركزي (2500 هرتز على سبيل المثال) أن يتناظر مع مركب توافق حقيقي للصوت (2250 و 2400 هرتز في هذه الحالات). تُضمّن التوافقيات الأقرب إلى رنين المجرى الصوتي وتُفقد الأبعد عنه قدرتها أثناء النقل. يصور المخطط الطيفي للصائت /a/ في الشكل (4.66) رنين المجرى الصوتي كحزم عريضة من الطاقة تسمى بـ «الشكيلات الموجية المتميزة» (Formants).

الطيف

SPECTRUM

SPECTROGRAM

صورة طيفية



قسم من لحظة واحدة أثناء إصدار /b/

الشكل 4.66: في اليمين صورة طيفية للصائت [b] مستمدة من إصدار كلمة «boat» يظهر في اليسار قسم من الصوت نفسه. يشير السهم إلى موقع القسم على محور الزمن. تمثل F_1 و F_2 رنين المجري الصوتي. تظهر الصورة الطيفية تغير التردد (F) على محور الزمن (T). يظهر الطيف سعة (A) ترددات المكون (F).

ترقم التشكيلات الموجية المميزة عادة من الترددات الدنيا نحو الترددات العليا. ويسمى التشكيل الموجي المتمركز حول 300 هرتز بالتشكيل الموجي المميز الأول، ويسمى ذلك المتمركز حول 2500 هرتز بالتشكيل الموجي المميز الثاني، بينما يسمى المتمركز حول 3000 هرتز بالتشكيل الموجي المميز الثالث. ويشبه النظر إلى المخطط الطيفي النظر إلى قسم خط مسنر من الطيوف. حيث تصبح كل حزمة أو نطاق من القدرة السماعية تشكلاً موجياً مميزاً ذا شدة يشار إليها بالظلمة النسبية. وستفصل وصف المخططات الطيفية في الفصل السادس.

Low, Back Vowel

الصائت الخلفى المنخفض /a/

يكون شكل المجري الصوتي في الصائت /a/ عكس ذلك الشكل الذي يتخذه في /i/، حيث يتسع التجويف القمي ويضيق التجويف البلعومي (الشكل 4.67).



الشكل 4.67: منظر جاتي للمجرى الصوتي، والمنطقة العاملة من المجرى الصوتي في /a/.
يسخفض اللسان في التجويف الفمي من خلال فتح الفك أو بواسطة تخفيف
لساني نشط تقوم به، أغلب الظن، العضلة اللامية - اللسانية (الشكل 4.68).

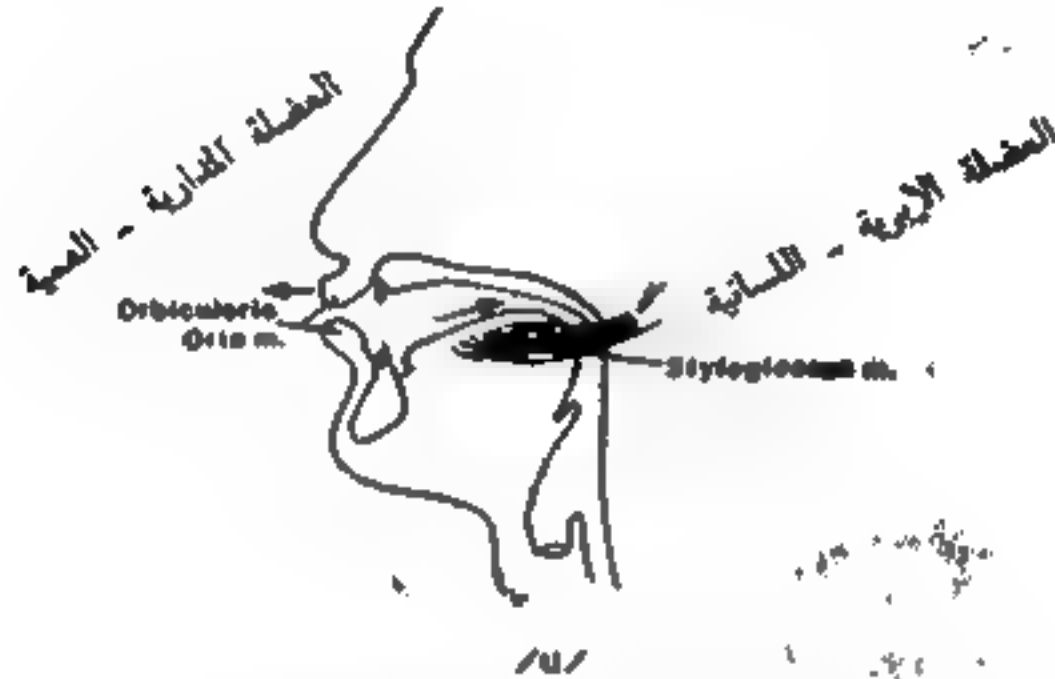


الشكل 4.68: تضغط العضلة
اللامية - اللسانية
أثناء إصدار /a/.

وعلى قدر ما يكون اللسان منخفضاً إلى الخلف يكون الفراغ الذي تحتله /a/ في
التجويف البلعومي كبيراً. وبذلك، يكون شكل الجهاز الصوتي في /a/ صغيراً عند
البلعوم، وكبيراً في التجويف الفمي. يرفع نمط المجرى الصوتي هذا أدنى تردد رنيني،
والذي يكون، في هذه الحالة، انعكاساً لاستجابة التجويف الخلفي الترددية. ويكون
التشكيل الموجي الثاني منخفضاً كثيراً عن ذلك في /a/ بسبب حجم التجويف الفمي
المتزايد.

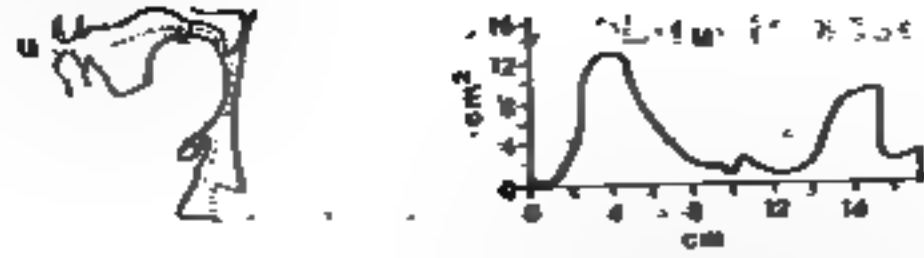
الصائت الخلفي، العالي غير المدور /u/ High, Back, Rounded Vowel

تكون صفة /u/ السمعية المميّزة هي تخفيض الترددات الرنينية من خلال تطويل المجرى الصوتي. ولكي يطول التكلمون المجرى الصوتي يقومون عادة بتضييق الشفتين بفعل تقليص العضلات القمية للملحمة، ويرفعون مؤخرة اللسان نحو الحنك (أنظر الشكل 4.69)، وينخفضون العضلات الإبرية - اللسانية للحصول على مرنان مزدوج (الشكل 4.70).



الشكل 4.69: إن عمل العضلة المدارية - القمية هو تقليص الشفتين، بينما تقوم العضلة الإبرية - اللسانية برفع مؤخرة اللسان أثناء إصدار /u/.

ولو حاول المتكلم الاستمرار في الانسامة لمصور وهو يقول شيئاً ما مثل «take two» سيكون ثراً عليه تطويل المجرى من أجل /u/ بوساطة تخفيض الحنجرة بدلاً من تضيق الشفتين، لكن التأثير السمي يفي متشابهاً. يقترب رنين المجرى الصوتي عند رجل راشد من 300, 900 و 2500 هرتز. ولا يمكن إعطاء ترددات دقيقة لأن الاستجابة الترددية في كل مجرى صوتي مختلفة قليلاً. ويوضح لنا هذا، جزئياً، لماذا يمكن أحداً أن يميز الآخر عن طريق الصوت وحده.



الشكل 4.70: منظر جانبي للمجرى الصوتي والمنطقة العامة منه في As . لاحظ أنه يوجد تهيؤان مميزان لهذا الصائت.

The Vowel Triangle

مثلث الصوائت

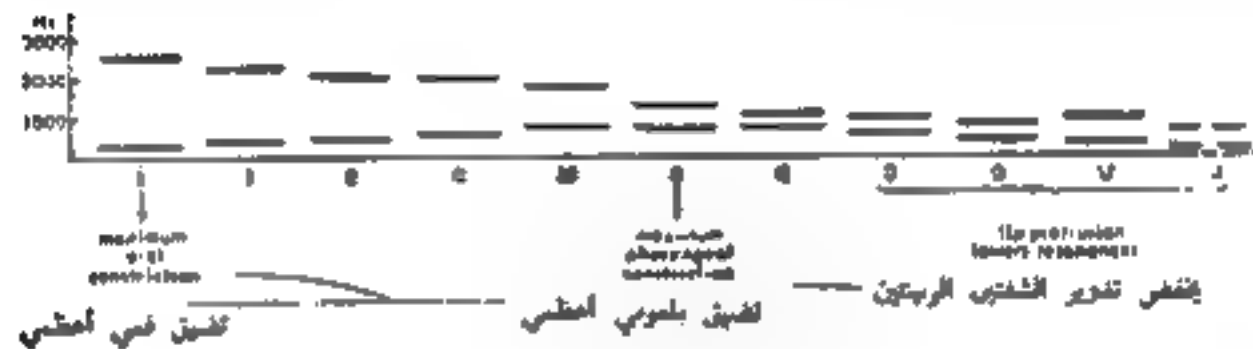
نرى بوضوح الآن أن ما يقرر صفة الصائت هو رنين المجرى الصوتي. يمتلك كل صائت نمطاً رنينياً مختلفاً قليلاً عن الصوائت الأخرى الشكل (4.71).



الشكل 4.71: صورة طفيفة لإصدار ثابت الصفة في الصوائت [i] و [e] و [u].

من المفيد النظر إلى المجرى الصوتي على أنه أنبوب خط بيث واحد على الرغم من أنه، في واقع الحال، أكثر تركيباً وتعقيداً. لكن تشبيهاً مناسباً بوصفه تقريباً مبدئياً في إصدار الصوائت. تبدل تغيرات المجرى الصوتي الرنيني؛ وكما رأينا، فعندما يكون شكل المجرى الصوتي على هيئة أنبوب متسق للمقطع العرضي في شكل كذلك الشكل المحايد

القريب من الصائت المحايد $/V/$ ، يكون رتيته مضاعفات وترته لأدنى تردد رنيني. وعندما يتغير الشكل في $/V/$ أو $/W/$ تُفهم بعض أقسام المجري الصوتي ويغير الرنين تردده، ويفقد كل صائت صلاته البسيطة بالصوائت الأخرى. لا يمكن عزو ترددات التشكيلات الموجية المميزة على نحو مستقل إلى قسم خاص أو معين من المجري الصوتي. ويجب النظر إلى التشكيلات الموجية المميزة على الجملة بوصفها استجابة المجري الصوتي بكامله على الرغم من أنه يمكن ربط التشكيل الموجي الثاني، في كثير من الأحيان، على نحو دقيق، بالتجويف الأمامي. ففي التشكيلان الموجيان المتميزان المشتق منقطعهما البياني من المحططات الطيفية في الشكل (4.72) يفرض أظهار أنماط التشكيلات الموجية السببية لبعض الصوائت في الإنجليزية الأمريكية.



الشكل 4.72: صوائت ذات ترددين موجيين متميزين اثنين، ركبت على قارعة النمط. تشير الرموز إلى تعريف المستعمين لكل نمط. بينما تشير الحروف إلى سمات المجري الصوتي في الصوائت للناظرة.

وعلى الجملة، يتضاءل تردد التشكيل الموجي المتميز الأول عندما يرافق التوسع البلعومي ارتفاع اللسان. ويزداد تردده عندما يتراجع التضيق أو التقلص إلى الخلف في المجري الصوتي. يكون تردد التشكيل الموجي الثاني مرتفعاً عندما يضيق التجويف العمي - ويكون منخفض التردد عندما يكون المجري الصوتي أكثر انفتاحاً أو مطولاً.

Effect of Vocal Tract Size

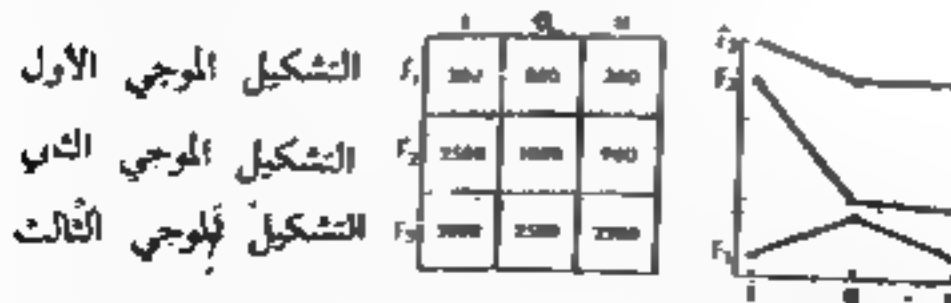
تأثير حجم المجرى الصوتي

إن أماكن التشكيلات الموجية المميزة النسبية لصاتت محدد متشابهة عند الرجال والنساء والأطفال. لكن الترددات الرنينية الحقيقية هي أعلى في المجاري الصوتية الصغيرة. إن اختلافات ترددات التشكيلات الموجية المميزة لا ترتبط بتغير في الطول فحسب لأن المجاري الصوتية الأكبر عند الرجال تمتلك نسبة أكبر نسبياً من المساحة البلعومية مقارنة بالمساحة القمية إذا ما قورنت بحالة الأطفال والنساء. أوجد بيترسون (Peterson) وبارني (Barney) المعدلات الوسطية لترددات التشكيلات الموجية المميزة عند الرجال والنساء والأطفال من مخططات طيفية عند ستة وسبعين متكلماً بصوتهم الصوتي الانجليزية يوضح الجدول (4.5) تغير التردد بتغير حجم المجرى الصوتي.

الترددات الأساسية											
Fundamental frequency (Hz)	M	125	130	135	127	124	120	127	141	150	153
	W	235	252	273	290	292	298	292	291	271	248
	Ch	272	299	340	351	356	363	370	374	364	361
ترددات التشكيلات المميزة											
Formants (Hz)											
1. التشكيل الأول	M	270	300	320	340	320	370	440	500	640	480
	W	310	410	510	600	650	660	470	370	760	500
	Ch	370	530	640	740	780	680	580	450	980	580
2. التشكيل الثاني	M	2240	1920	1640	1770	1660	1600	1670	1700	1190	1330
	W	2710	2480	2240	2070	1920	1780	1680	1600	1400	1540
	Ch	2880	2720	2410	2270	2130	1980	1810	1700	1500	1620
3. التشكيل الثالث	M	3010	2930	2740	2410	2440	2480	2740	2740	2290	1880
	W	3310	3070	2790	2600	2640	2710	2980	2970	2780	1960
	Ch	3700	3500	3070	2830	2870	3100	3240	3260	3200	2140

الجدول 4.5: متوسطات الترددات الأساسية وترددات التشكيلات الموجية المتميزة في الصوت عند ستة وسبعين متكلماً.

ولبتقاء سهولة تذكر التوزيع السمي لرنين المجري الصوتي في الصوت المتطرفة (الواقعة في الأطراف) في الإنجليزية الأمريكية، يمكنك اختيار الأرقام التي تدعم النمط العام للتشكيلات الموجية المميزة غير المتكلمين. الشكل (4.73).

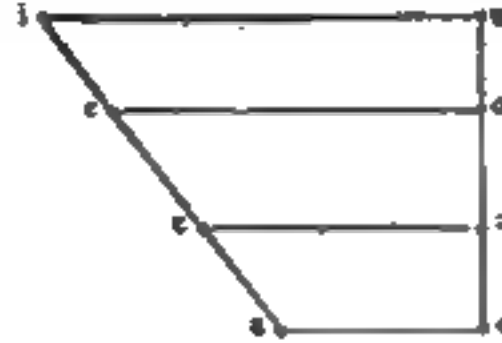


الشكل 4.73: العلاقات بين التشكيلات الموجية المميزة الأول، والثاني والثالث في الصوت A, I, U.

العلاقة بين السمعيات وعلم وظائف الأعضاء (فيزيولوجيا).

Relationship between Acoustics and Physiology

يمثل مثلث الصوتيات أورياعي الصوتيات في أدب الصوتيات التقليدية ارتفاع اللسان على الأحداثي الرأسي، وتراجعته على الأحداثي السيني - الشكل (4.74)



الشكل 4.74: الصوتيات الأساسية (Cardinal) مثلث برباعي صانت. تشكل الصوتيات الأساسية نقاط صوتيات مرجعية متطرفة في نطاق الصوتيات. يحتشد أن الصوتيات الواقعة على نفس الخط الأفقي تنتمي لارتفاع لسان متكافئ. بينما يعقد أن الصوتيات الواقعة في اليمين واليسار تنتمي بمقدار أو مسافة تراجعية أو تقدمية متساوية. (إلى الأمام أو إلى الخلف).

تكون مقدمة اللسان مرتفعة في /i/ بينما تكون مؤخرته مرتفعة في /u/ تكون الشفتان غير مدورتين في الصوتيات الأمامية في الانجليزية، ولكنها مدورتان في معظم الصوتيات الخلفية. راقب نفسك في مرآة وأنت تلفظ الصوتيات الأمامية [i] في «eat»، [a] في «it»، [e] في «ate»، [E] في «Ed»، [æ] في «at» ستلاحظ تحركاً بسيطاً في حركة الشفتين بحسب. يبدو أن ارتفاع اللسان مهم في تحديد رنين الصوتيات الأمامية المميز. راقب الصوتيات الخلفية من الأعلى فالأسفل [u] في «sure»، [u] في «sue»، [o] في «sow»، [ɔ] في «saw»، [a] في «sock» ستلاحظ استدارة في الشفتين بالإصاغة إلى تعبيرات في التحريف في الصوتيات الأربعة الأولى، وفتح فم أعظمي في الصلوات المنحصر الخلفي [a] يرى الشكل (4.75) مواقع اللسان النسبية في الصوتيات، ويشير إلى التعديلات

الشفوية في الصوائت الخلفية للثورة وفتح الفم الذي يرافق عادة الصائت الخلفي المنخفض. وهذه الملائق تقريبية، إنها تشير، ببساطة، إلى الأسلوب الأكثر شيوعاً، ولكن ليس الوحيد في تغيير أشكال التجويف من أجل الحصول على المستلزمات السمعية لكل صائت.

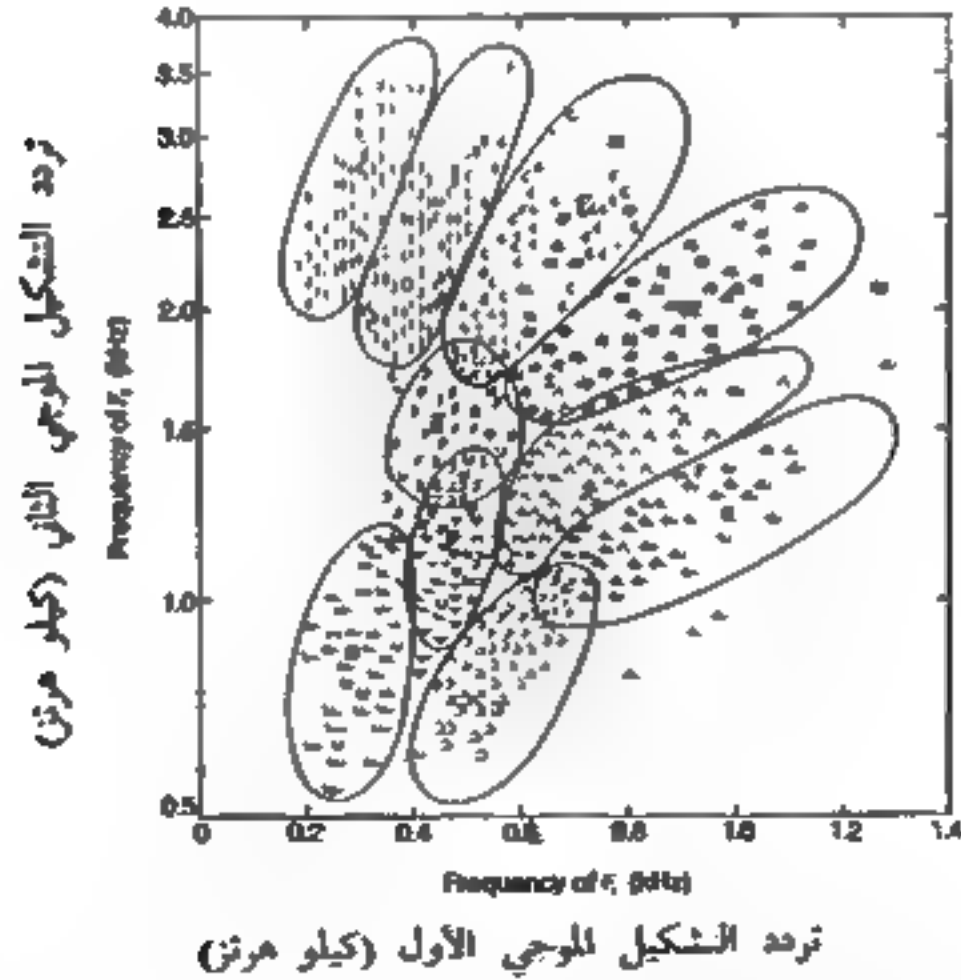


الشكل 4.78: شكل المجرى الصوتي للصوائت في الكلمات: (1) «heed» ، (2) «hid» ، (3) «head» ، (4) «had» ، (5) «father» ، (6) «good» ، (7) «food» .

تكشف دراسة الصور الشعاعية لموقع اللسان أثناء إصدار سلسلة الصوائت أن أعلى نقطة للسان في كل صائت لا تتوافق تماماً في مخطط بياني كمثلث الصوائت أو رباعي اله يات التقليدي في كتب الصوتيات. ومن المحتمل أن علماء الصوت قد وُهبوا، بوصفهم جماعة، آذاناً جيدة الإصغاء، أي: المقدرة على التقاط تمييزات دقيقة في سماع الأصوات الكلامية وفهمها. يمكن لمخطط الصوائت التقليدي أن يعكس، على الجملة، موقع اللسان، ولكنه يعكس، بدقة أكبر، الترددات النسبية (التقريبية) لرنين المجرى الصوتي عندما تثبت التشكيلات الموجية المميزة.

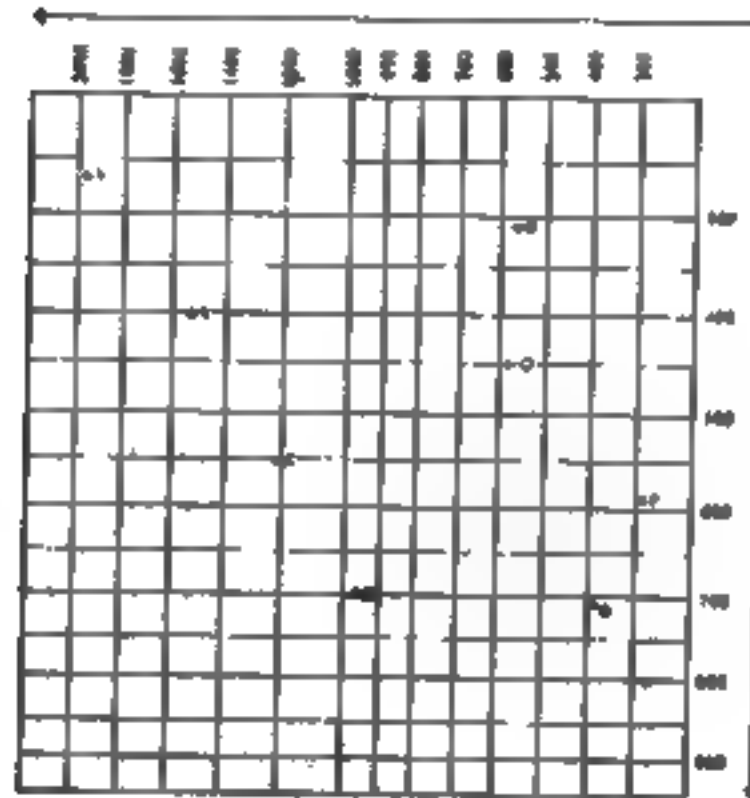
فقد سجل صوت الرجال والنساء والأطفال في دراسة بينرسون وباري وهم يصدرون الصوائت الانجليزية في سياق «h-v-d» وكانت الالفاظ «hid» ، «heed» ، «head» ، «had» ، «heard» ، «hood» ، «whod» ، «hude» ، «heard» قُيست

التشكيلات الموجية المميزة وثبتت في جدول بياني من خلال مقارنة التشكيل الموجي الأول بالتشكيل الموجي الثاني. يظهر هذا الأملوب الذي استخدمه، في البداية جوور (Joos) عام 1948 العلاقة بين السمعيات ووظائف الجسم في الصوائت. يظهر الشكل (7.67) التشكيل الموجي الأول على الأحداثي السيفي، والتشكيل الموجي الثاني على الأحداثي الرأسي. علوتت تردد التشكيل الموجي الثاني وفقاً لمقياس كونيك (Koening)، الذي هو مقياس خطي حتى 1000 هرتز ويصبح لوغاريتمياً فوق 1000 هرتز، الذي صمم لكي يشبه حساسية آلية السمع الإنسانية، لكان من الواضح أن صورة مشابهة لثلاث الصوائت التقليدية سوف تظهر. يظهر أن الرسم البياني السمعي أكثر قرباً إلى المحطظ الصوتي التقليدي من قرب الصور الشعاعية لموقع اللسان فيه.



الشكل 4.76 تردد التشكيل الموجي الثاني عكس تردد التشكيل الموجي الأول في عشرة صوائت تكلمها ستة وسبعون متكلماً.

بحقق لادافوجد انسجافاً أكبر من خلال تثبيت ترددات التشكيلات الموحية في رسم بياني في ترددات الصفر في الزاوية اليسرى العليا، وتثبيت ترددات التشكيل الموحى الأول بوصفه ناتج طرح ترددات التشكيل الموحى الأول من ترددات التشكيل الموحى الثاني عوضاً عن التثبيت العادي للتشكيل الموحى الأول والتشكيل الموحى الثاني. ويتبع عن ذلك توضيح «فيزيولوجي» أدق للصوائت الخلفية (الشكل 4.77) حيث يبدو جلياً أن [d] و [g] هما صائتان أكثر تراجعاً من [u] أو [v].



الشكل 4.77 رسم بياني للتشكيلات الموحية المميزة يظهر ترددات التشكيل الموحى المميز الأول على المحور الأفقي مثبتة مقابل الفرق بين ترددات التشكيل الموحى الثاني والتشكيل الموحى الأول على المحور العمودي في ثمانية صوائت أمريكية. يمثل الرمز (u) نفس الرمز «u».

يبدو أن علماء الصوت لم يكونوا مدركين أنهم كانوا يرسمون مخططات الصوائت وفقاً لحقيقتها السمعية، معتقدين أنهم كانوا يرسمونها وفقاً لحقيقتها «الفيزيولوجية» ومهما

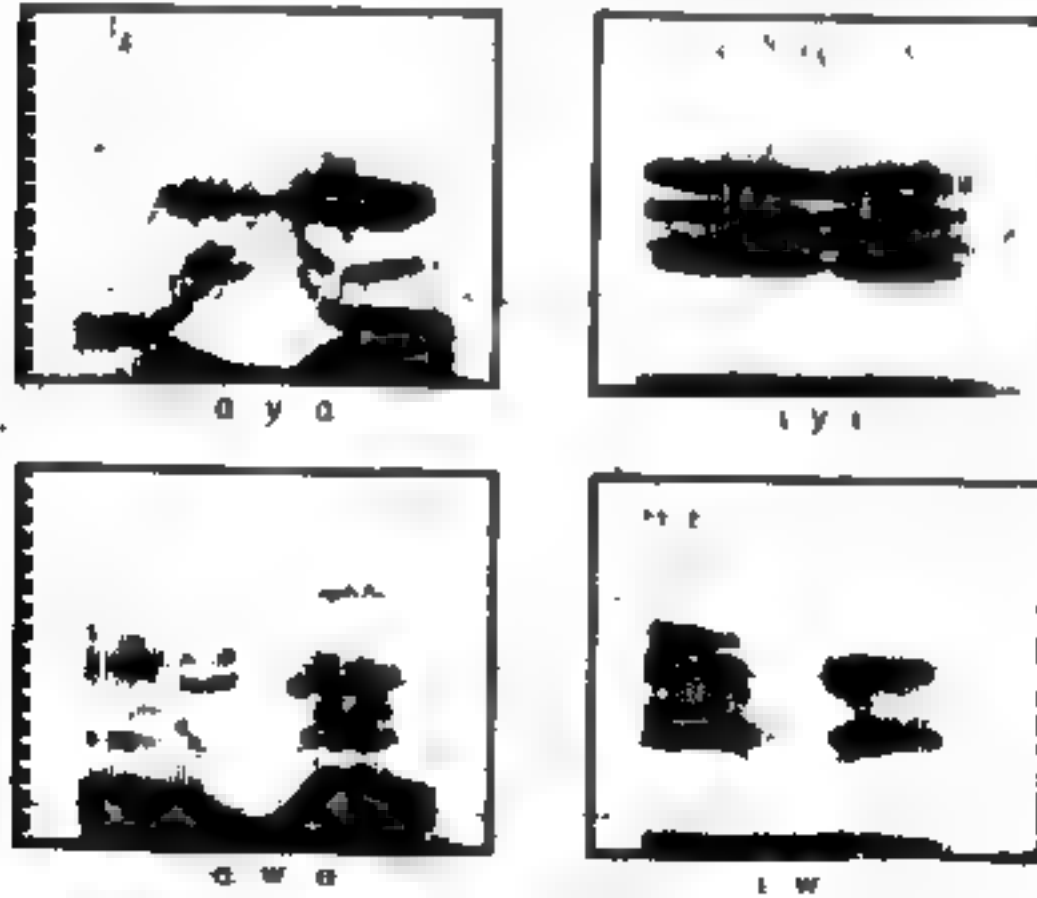
وقد لاحظ المؤلفان أن [e] تمتد من [æ] على نحو متصل تقريباً، كما تمتد [ou] من [o]، ويمثلان مجتمعتين غور مثلث مقلوب. أما العضلات المستحضمة في الصوائت الثنائية، فهي مشابهة لتلك المستخدمة في الصوائت ماعداً تحول الانقاص العضلي تدريجياً، في بعض الأحيان، إلى مجموعة عضلية أخرى. فعلى سبيل المثال تحل عضلات اللسان الرافعة، والذائقة إلى الأمام في إصدار [æ] محل عضلات اللسان الخافضة تدريجياً كالعضلات الذقية - اللسانية والعضلات اللامية - اللسانية. وقد قاس بيترسون (Peterson) وليهست (Lehiste) فترات الصوائت الثنائية مع نوى المقاطع الأخرى واكتشفا أن الصوائت الثنائية القصيرة التي منهيها «Tense monophthongs» مثل [ou], [æ] و [ɜ:] تتغير ببطء ولكن بثبات، في حين أن الصوائت الثنائية الأطول كـ [au], [aɪ] و [ɔɪ] أظهرت حالة ثابتة في البداية متبوعة بتحول أو انتقال بانزلاق أقصر قرب الهدف أو الموقع النهائي. والصوائت الثنائية، الواقعة في قلب المقطع صعبة على المتكلمين الصم، حيث تكون تغيرات المجري الصوتي المفتوح نسبياً دقيقة وصعبة التحديد بدون سماع الاختلافات. على نحو نموذجي، يميل المتكلمون الصم إلى تحييد تباين التشكيلات الموجبة المميزة بين الصوائت.

إصدار أنصاف الصوائت Semi-vowel production

تسمى الأصوات /w/, /j/, /r/ و /l/ كما في «we»، «you»، «right»، و «light»، في أغلب الأحيان، بأنصاف الصوائت لأنها، تتمتع برنين مرتفع. يمكن تطويل /r/ و /l/ عندما تقعان في بداية المقطع كما في «car» أو «full»، وتبدوان أقرب إلى الصوائت. وإذا لفظت /w/ أو /r/ ببطء كافٍ، فستشكل أصوات ثنائية جديدة [un] و [in]. ومع أن المجري الصوتي يبقى مفتوحاً نسبياً، كما هو الحال في الصوائت والصوائت الثنائية لكن أنصاف الصوائت تمتد من الصوائت. لماذا؟ القضية أكبر من كونها تمييزاً سمعياً. نصف أنصاف الصوائت بوصفها صوائت لأن وظيفتها في اللغة هي تحرير الصائت أو الصائت الثنائي. فعل سبيل المثال. «win» ممكنة في الإنجليزية، أما «wɪn» فغير ممكنة لأن المقطع ينتقل إلى نواة. لا يستخدم المجري الصوتي المفتوح، والصوائت العالية الرنين والصوائت الثنائية كقوى على الجملة تقع أنصاف الصوائت، ذات المجري الصوتي المفتوح والمتوترة برنين كالصوائت تقريباً، بجانب النواة في السياقات التي تمتلك تجمعات

صامتة. تقع أنصاف الصوائت [spring]، [twin]، [kjet] في «spring»، «twin»، «splash» ملاصقة تماماً للصوائت أو للصوائت الثنائية لكنه يحدث أحياناً أن تولف أنصاف الصوائت نوى للمقاطع. وتشارك أنصاف الصوائت هذه الفرصة مع جارائها التي تتمتع برنين عال أيضاً أي: الأصوات الأفعية. فعلى سبيل المثال: هناك نواتان في كلمة «apple» الأولى: هي الصائت الثاني في المقطع الأول، والثانية هي: /p/ في المقطع الثاني. وعندما يوب الصائت عن الصائت، توضع نقطة تحت الكتابة الصوتية كي تشير إلى صائت مقطعي. ومن أمثلة ذلك: «bottle»، «bottom»، «cheese» و «up or down».

يمكن تقسيم أنصاف الصوائت على: أنصاف الصوائت المنزلة وهي /r/ و /l/ وأنصاف الصوائت السائلة وهي /r/ و /l/. والمنزلة اسم دقيق لأن طيفها الصوتية، كطيف الصوائت الثنائية تظهر انزلاقاً للأعلى أو للأسفل في التشكيلات الموجية الأساسية وفقاً للسياق. انظر الشكل (4.79).

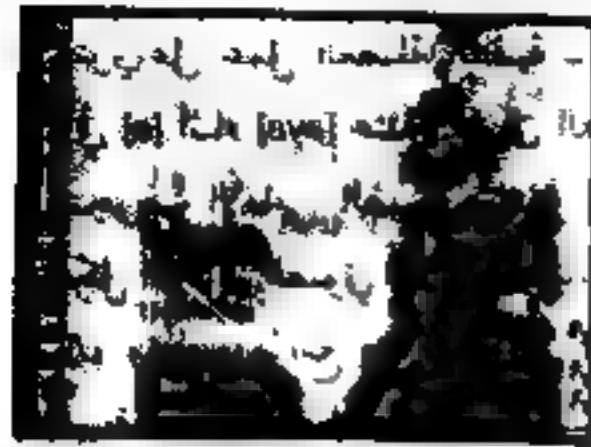


الشكل 4.79 صور طيفية لـ /ajal/، /awal/، /mil/. لاحظ أن حركة التشكيل الموجي الثاني أكبر في /ajal/ منها في /mil/، بينما تشبه حركة التشكيل الموجي الثاني في /awa/ حركة في /mil/.

إن /r/ مزلفة حنكية، تقترب فيها مقدمة اللسان من الخلق في نقطة أكثر تقدماً في /ya/ منها في /yæ/، لكن النقطة ليست بعيدة من نقطة الصائت الأمامي المرتفع، ومن ثم فهي تحتوي على عمل العضلة الذقنية - اللسانية. يسيطرت تردد التشكيل الموحى الأول المرتفع في [a] أثناء [aya] عندما يضيق الفم، بينما يصعد التشكيل الموحى الثاني عكساً رنين التجويف الأمامي الضيق. يحتاج إصدار المترلقات لحركة اللسان والشفتين كي يتغير شكل المجرى الصوتي من نقطة البداية (يكون اللسان في موقع أمامي، مرتفع عند بداية /r/، وخلفي مرتفع والشفتان على وشك أن تلتصقا إحداهما بالأخرى عند بداية /w/ إلى نقطة الصائت التالية. ~~في الصوت الوصل إلى هناك هو الصوت المنزلق.~~ تشبه لمنزلاقات الصوائت الثانية، لكن فترات اتصالها أسرع. لاحظ أن لـ /w/ موقعين للفظ: التضييق الشفوي الذي تسمه العضلة العمية المدارية والعضلات الشفوية الأخرى، والاقتراب اللساني - الحكي الذي تسمه عضلات كالمصلة الأبرية - اللسانية التي ترفع اللسان وترجمه عند الحاجة.

يقع السائلان /r/ و /l/ في بداية المقطع بوساطة رفع اللسان نحو الحافة السخية معذبذة في الحبال الصوتية. وهناك اختلافات هامة رأس اللسان وموقعه التمييز بين الصوتين. ففي /r/ يستقر رأس اللسان بحمة قبالة الحافة السخية قاسماً الموجات الخطية إلى ~~تيتين~~ هولين ~~مخرجان~~ من طرفي اللسان (ومن هنا يسمى، غالباً، بالجانبي). أما في /l/، فينحني اللسان إلى الخلف ولا يلمس الحافة السخية، وبذلك تخرج الطاقة السخية من وسط الفم، وغالباً ما تكون الشفتان مدورتين. يثنى العديد من المتكلمين قمة لسانهم نحو الخلف وتكون مشدودة أكثر في لفظ /l/. وبما أن حركة رأس اللسان حاسمة في السوائل، يتوقع المرء أن تكون العضلة الطولانية العليا نشطة على نحو خاص. ويمكن للمصلة للقبالة - العضلة الطولانية الداخلية - أن تكون أكثر نشاطاً في /l/ منها في /r/. وخاصة إذا كان لفظ /l/ مصحوباً برأس لسان مشدود نحو الخلف (Retroflexed). في حين يغادر عمل مشترك للمصلة العمودية والعضلة العرضية

سجل ظهر اللسان العلوي . تنعكس هذه النتائج السمعية لحركات قمة اللسان، إلى حد ما، في التشكيل الموجي الثاني، الشكل (4.80)، لكنها واضحة خاصة في تغيرات التشكيل الموجي الثالث. تهيئ ترددات التشكيل الموجي الثالث في /r/ إلى ما دون ترددات التشكيل الموجي الثالث النموذجية للصوائت، أما في /l/ فلا تهيئ عنها كثيراً



0 1 0



1 2 1

التشكيل
الثالث
التشكيل
الثاني



0 1 0



1 1 1

الشكل 4.80: صور طيفية لـ /r/, /l/, /r/, /l/، و /r/، /l/. لاحظ أن التشكيل للموجي الثالث يكاد يلتصق بالتشكيل للموجي الثاني في /r/ إلا أنه يترعرع عالياً في /l/. وتختلف /r/ و /l/ عندما يقعان في نهاية الكلمة عنها عندما يقعان في بدايتها. تصدر /r/، الواقعة في أول الكلمة، عندما ينهي التكلم التصاق اللسان بالثة، لا يمكن حسنها ولا أصبحت ثقيلة (صوتاً كاملاً (مرخمة)). وإن /l/ في /r/ - /l/ - /r/ صوت جانبي متحرر، أما عندما تكون كاعلة (مرخمة) فإن الاتصال يبقى أثناء تذبذبة الحبال الصوتية. وحتى عندما تتوقف، يستطيع التكلم أن يحافظ على الاتصال اللساني - الحسكي؛ ولا

توجد هناك مشكلة سوى تعب اللسان. فلا غرابة في اختلاف الصوتين، حيث يحرر أحدهما الصائت، بينما يلتقطه أو يحبس الآخر، وكذلك تختلف /r/ في البداية عنها في النهاية. حيث تفقد صفة الصامت وتضطرب بصيغة الصائت الذي تتبعه. يهدف بعض المتكلمين [r] الواقعة في نهاية «car»، «hear» أو «sure» ويستغيثون عنها بتمديد أو إطالة الصائت أو بالتحرك نحو مجرى عميد للتعويض عن /r/ الغائبة: «hear» تصبح [h] أو [hi]. أما المتكلمون الذين يصدرون تلوين /r/ كي يشيروا إلى /r/ في نهاية المقطع فيرفعون ظهر لسانهم المثني نحو الحنك الذي يصدر هو نفسه تشكيلاً موحياً ثالثاً منخفضاً عن ذلك الصائت وهو صمة /r/ في هذا السياق. وما اختلاط الأمرين /r/ و /l/ على متكلمي الانجليزية الشرقيين الذين يتكلمون الانجليزية لغة ثانية إلا شاهداً على التشابه السمعي بينهما. وعلماً ما يصغر الأطفال الذين يطورون تعويضات كلامية متنامية /r/ الأسهل بدلاً من الواصل أو يصدرون في بعض الأحيان /l/ بدلاً من /r/ و /r/ بدلاً من /l/. ويمكن أن تصبح:

«The little rabbit likes carrots».

[dʒɪtəwæbajɪkskæwɒts]

Velaryngeal Port:

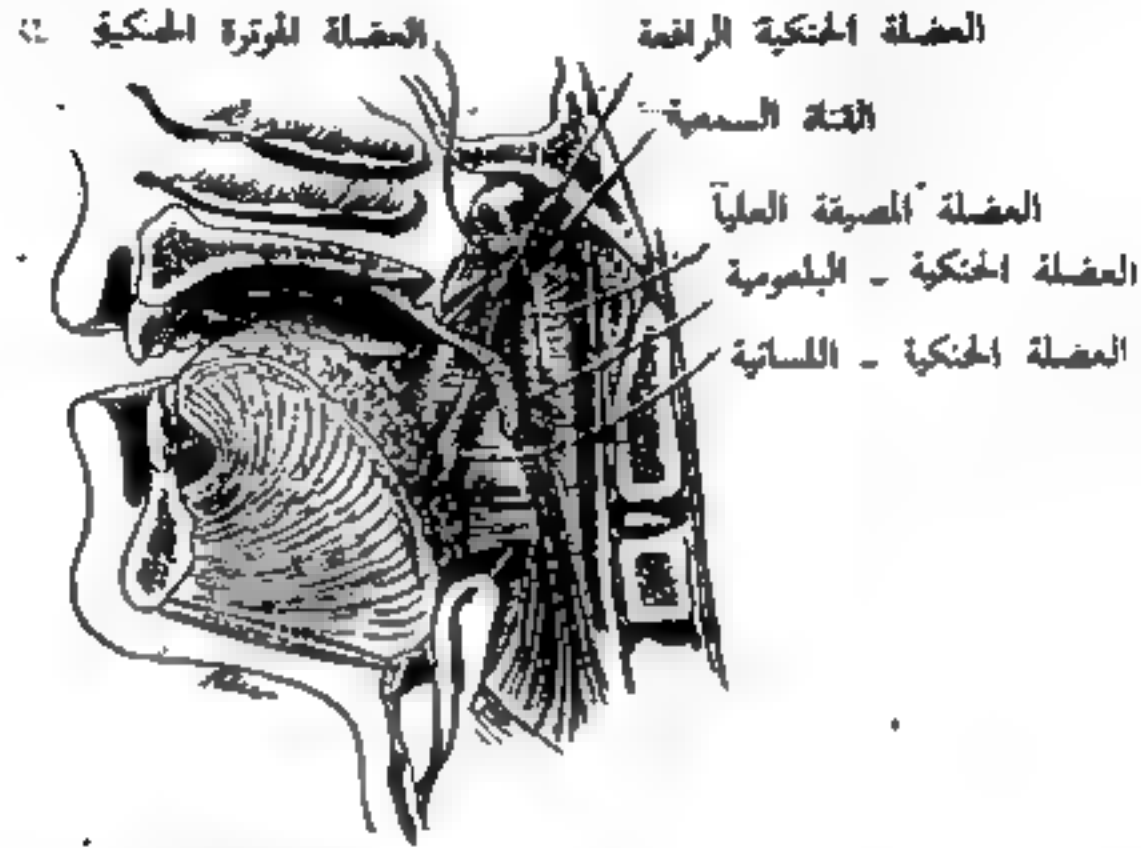
المينا الأنفي - البلعومي:

Vocal Tract Modifier

محوير المجرى الصوتي

ترن معظم الأصوات الكلامية في اللغة الانجليزية في مجرى مؤلف من تحويفين: التحريف البلعومي، والتجويف الفمي، يمتد من الحبال الصوتية إلى الشفتين. وهناك ثلاثة استثناءات لهذه القاعدة وهي الأصوات التي تحتاج إلى رنين إضافي في التجاويف الأنفية: /m/, /n/ و /ŋ/ كما في كلمة «mining». ويجب أن تكون التجاويف الأنفية مغلقة معظم الوقت، عند إصدار الأصوات الفمية أثناء الكلام المستمر، ومع ذلك، يجب على المدخل أن يكون مفتوحاً في ثلاثة الأصوات الأنفية الأنفة الذكر. يسمى المدخل إلى التجاويف الأنفية الكبيرة من التجاويف البلعومية والفمية بـ «المينا الأنفي - البلعومي» لأن المدخل يقع بين اللهاة وجداران الطعوم. ويمكن إغلاقه بواسطة رفع اللهاة وترجيحها حتى تدنو من الجدار البلعومي الخلفي.

إن العضلة الرئيسية المستخدة في إغلاق الميتة الأنفي البلعومي هي العضلة الحنكية الرافعة، وتنهض هذه العضلة المزودة من قسم العظم الصلب العظمي السفلي ومن قسم غضروف القناة الأذنية السفلي، تنبج نحو الأسفل والأمام منحبة في منتصف كل طرف حتى تدخل الحنك الرخو إلى داخل اللثة؛ وتمتدج الألياف من كل طرف مشكلة منتصف الحنك لو وسطه الرخو (الشكل 4.81).



الشكل 4.81: مقطع رأسي نصف سهمي يظهر عضلات القسم البلعومي. لم تدرس العضلة الحنكية - البلعومية في النص لكنها تشكل معظم العمود الخلفي (الحلقومي) الخلفي.

تأخذ الألياف العصبية العضلية شكل مقلاع قادم من قسم البلعوم الأنفي - الغلوي - الخلفي إلى الأسفل والأمام مشكلة الحنك الرخو. إن زاوية إلتدراج العضلة الرافعة الحنكية تسبب رفع الحنك الرخو وترجعه عتما تكبض. يخلق هذا العمل مدخل التجاوبف الأنفية، ويعصب العضلات الحنكية الرافعة صغيرة الأعصاب البلعومية، وهي مجموعة من الأعصاب يشكلها العصب الثانوي الحادي عشر والعصب

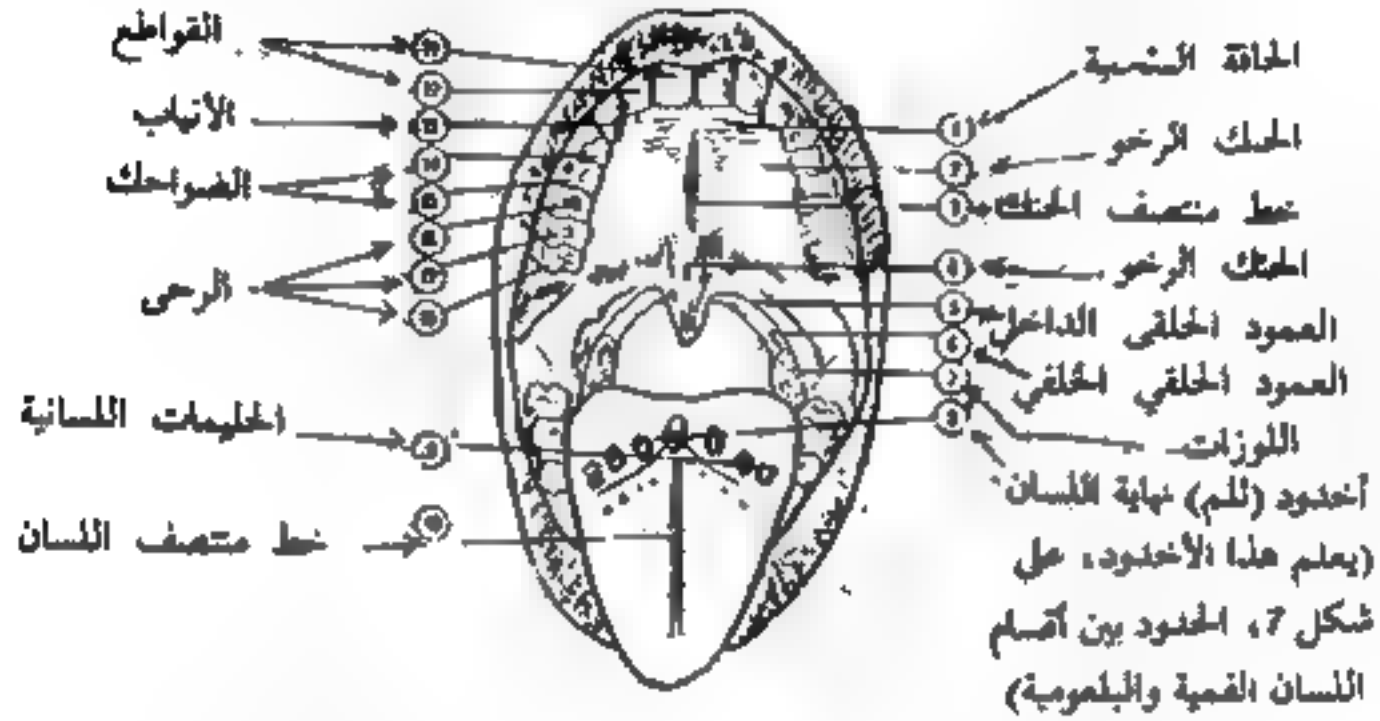
المهم (العاشر)، والألياف الحسية للعصب اللساني - البلعومي التاسع. أما العصب الحركي فهو مسؤولية العصب الحادي عشر أساساً.

على الرغم من أن اللهاة لها جهازها العضلي المستقل (عضلة اللهاة) لكنها تسهم على نحو ضئيل أو لا يذكر في الرفع والإرجاع الحقيين الضروريين للأصوات القمية، ولا حتى العضلة الموترة الحنكية التي تنشط في فتح القناة السمعية التي تصل الأذن الوسطى. لقد أظهرت دراسات التخطيط الكهربائي للعضل التي أجراها لوبكر (Lubker) وفرتزل (Fritzell) وبيل برتي (Bell Bert) أهمية نشاط العضلة الحنكية الرافعة بوصفها عاملاً نشطاً في إغلاق الميناء الأنفي - البلعومي. ولقد زودتنا دراسات التصوير السينمائي الفلوري التي أجراها مول (Muller) وآخرون مع دراسات بصريات الألياف التي قامت بها بيل برتي وزملائها بمعلومات متحركة بخصوص حقائق النشاط العضلي. راجع الفصل السادس لوصف لتقنيات البحث التي يتطلبها التخطيط الكهربائي للعضل وبصريات الألياف والتصوير السينمائي الفلوري.

يرفع المتكلمون اللهاة ويرجمونها ليحصلوا على أشد إحكام من أجل الصوامت، وخاصة الاحتكاكيات كما في /t/ لأن هذه الصوامت تتطلب ضغطاً هوائياً قوياً مرتفعاً (ضغطاً هوائياً داخل التجويف القمي)، حيث يؤدي أي تسرب للهواء إلى التجاوب الأنفي إلى تقليل الضغط اللازم. وعلى الجملة، تكون العضلة الحنكية - الرافعة أكثر نشاطاً في الصوامت منها في الصوائت. وتستثنى الأصوات الأنفية من هذه القاعدة. يرافق نشاط العضلة الحنكية الرافعة، عادة، الانغلاق البلعومي، لكنه ليس من الواضح إن كانت الحركة نتيجة نشاط العضلة الحنكية الرافعة أو انقباض العضلات القابضة.

تصل اللهاة أو الحنك الرخو باللسان بعضلة سميت، على نحو مشوش، في بعض المراجع، بالعضلة الحنكية اللسانية، والعضلة اللسانية - الحنكية في بعض المراجع الأخرى. يتألف العمودان الحلقيان الداخليان اللذان يمكن للمرء ملاحظتهما في فم مفترح (الشكل 4.82) من العضلات الحنكية - اللسانية. وبما أن العضلة الحنكية - اللسانية ترتفع بدءاً من ألياف العضلة المستعرضة داخل مؤخرة اللسان صاعدة إلى الحنك الرخو من كل طرف كي تشكل العمود الحلقى الداخلي، فإنه يمكن لقياسها أن

يحفص الحنك أو أن يرفع أطراف اللسان ومؤخرته. وهي نشطة، عند بعض المتكلمين، في رفع اللسان اللازم لإصدار بعض الصوامت الخلفية /k/ وربما في تحفص الحنك الرخو من أجل /m, n, ŋ/. ويمكن للمتكلمين أن يحققوا رنيناً أيضاً من خلال إرخاء عضلات الحنك الرافعة، أو يعلم انقباض العضلة الرافعة حتى بداية الصائت اللاحق تماماً في حالة الأصوات الأنفية الأولية (أول الكلمة). ولذلك تبقى اللهاة، في معظم الوقت الذي يتكلم فيه المرء، مرفوعة على نحو فعال، وتخفص اللهاة عندما تتطلب رنيناً أنفياً في /ŋ, m, n/.



الشكل 4.82: مخطط بياني لأبنية التجويف الفمي. يمكن رؤية اللهاة في نهاية الحنك الرخو.

وتختلف درجة انقباض الآلية الأنفية - البلعومية لو انغلاقها وفقاً للسياق الصوتي من الوضعية المفتوحة في الأصوات الأنفية، إلى الوضعية الوسطى الملازمة للصوائت المنخفضة، إلى الوضعية الأكثر انغلاقاً تقريباً في الصوائت المرتفعة، إلى الوضعيات المتعلقة الملازمة للصوائت القمية، يرافق الصوائت المرتفعة /t/ و /k/ كما في «see»، «bus» لها أكثر ارتفاعاً من تلك المرافقة للصوائت المنخفضة /d/ و /g/ كما في «hot» و «hat». ويكون نشاط العضلة الجذكية - الرافعة على أضعفه في الصوامت الأنفية وعلى أشده عند الذهاب من صامت أنفي إلى صامت فمي يتطلب ضغطاً هوائياً فمياً مرتفعاً

وقاعدة عامة هي أنه لن توجد هناك صفة أنفية صوتية واضحة إذا اقترنت باللهة على بعد 2 ملم من البلعوم فحسب (عمقئة مطلقة مفتوحة مساحتها حوالي 20 ملم²)؛ أما الانفتاح الأكبر فيحقق رنيناً أنفياً، ويسمع الكلام، على نحو أكيد، بوصفه صوتاً أنفياً عندما تكون المسافة 5 ملم (مساحة قدرها 50 ملم²).

يلعب الارتفاع الحلقى دوراً هاماً في تعديل حجم الهواء، ومن ثم في تعديل الضغط داخل التجاويف الواقعة فوق الحنجرة. ويساعد هذا التعديل في التمييز بجمهور غير جمهور في إصدار الصوات. ولعلك تتذكر أنه ابتغاء الحفاظ على ذبذبة الحبال الصوتية يجب أن يفوق ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية (الضغط التحتحنجري) ضغط الهواء فوق الحبال الصوتية (الضغط فوق الحنجري) ومن الصعب الحفاظ على هذا الهبوط الضغطي عبر الزمار أثناء إصدار أصوات الوقف بالمجهورة لأن فعل إيقاف التيار الهوائي نفسه يسبب ارتفاعاً مفاجئاً في ضغط الهواء فوق الحنجري، من ثم يند الفرق الضغطي عبر الحبال الصوتية. يقلل تحديد صغير في حجم الهواء فوق الحنجري، خلال أصوات الوقف، الضغط للحفاظ على ذبذبة مستمرة للحبال الصوتية. وتقدم بول برلي اكتشافات، بواسطة تخطيط نشاط العضل الكهربائي، تشير إلى أن المتكلمون يختلفون في أسلوب توسيع الفراغ فوق الحنجري، فبعضهم ينجز ذلك بواسطة رفع أكبر للهة، بعضهم الآخر من خلال إدخال أكبر في العضلات القابضة، أو من خلال خفض الحنجرة. وستناقش وظيفة للهة هذه بتفصيل أكثر عندما تناقش إصدار أصوات الوقف، فيما بعد، في هذا الفصل.

يمكن إرجاع الفشل في تنفيذ تعديلات مقبولة إدراكياً في الآلية الأنفية - البلعومية إلى اضطرابين: «أنفية مفرطة» و «دون المستوى الأنفي الصحيح». ويصحب الحالة الأولى رنين أنفي مفرط، بينما يصحب الأصوات الأنفية (muffled)، في الحالة الثانية، إثارة من الرنين الأنفي. وتظهر مشكلة الأنفية المفرطة، بوضوح، عند المتكلمين الذين ولدوا بشق حلقى، وتلك حالة يفشل فيها قسم من الحنك أو الحنك بتمامه من الاتحاد. وحتى بعد إجراء العملية الجراحية لإغلاق الحنك، يمكن للهة أن تكون صغيرة للغاية أو تنقصها القدرة العضلية لإغلاق التجاويف الأنفية على نحو محكم ومناسب. ولا يشأ عن هذه الحالة رنين أنفي مفرط في إصدار الصوات فحسب، ولكنها تمنع المتكلم من

ماء ضغط. كالف وفعال في التجويف الفمي لإصدار أصوات الوقف والأصوات الاحتكاكية. ويصدر الصم درجات غير مناسبة من الرنين الأنفي أيضاً - ولكن ليس مختلف ، حيث لا يمكنهم سماع الفروق الأنفية - الفمية التي يصنعها المتكلمون السامعون.

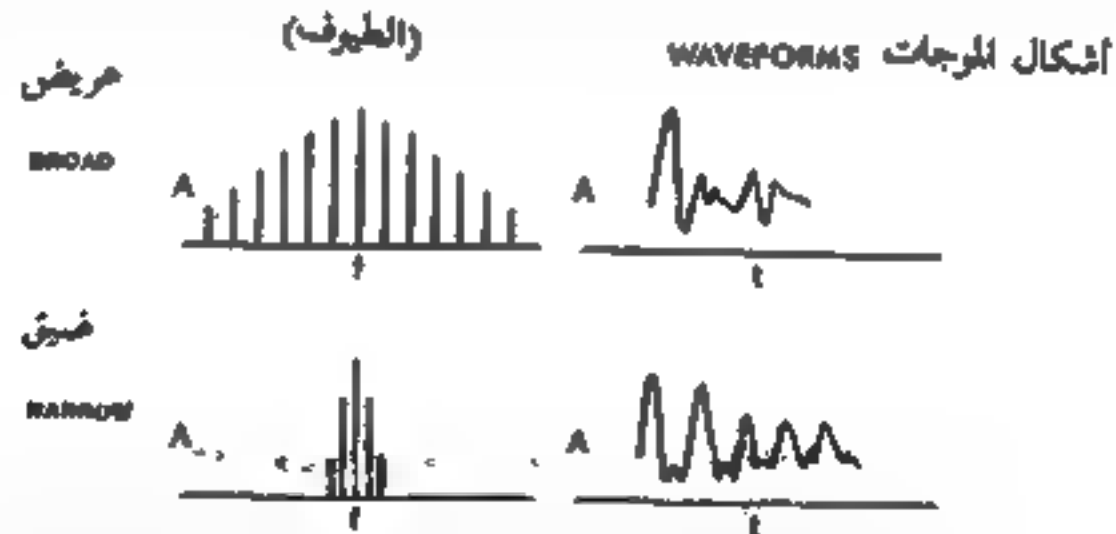
ولا يحدث غالباً سوى رنين أنفي قليل عندما يعاني المتكلمون من احتقان أنفي بسبب أمراض البرد. وفي بعض الحالات تحدث الأنفية المفرطة والتي دون السوية الأنفية الصحيحة عند التكلم نفسه لأن كلاً من الانقباض والارتجاع الحلقيين غير متزامنين. يظهر هذا الاضطراب، أحياناً عند الناس الذين يعانون من شلل دماغي

إصدار الأصوات الأنفية Nasal Production

علينا النظر في مصدر الصوت ورنين المجري الصوتي في الصوتيات والصوائت الثنائية، فحسب. أما في الصوتيات، فيصبح المجري الصوتي ضيقاً كثيراً بحيث لا يتلبدب (المجري الصوتي) بسمة كبيرة إلى ترددات معينة. (رنين) فحسب، بل تحدث الإنسدادات والتضيقات اللازمة لإصدار الصوتيات قوة متضائلة في طبقات بعض الترددات (رنين - مضاد) يتبادل الرنين وضده التأثير ويمكن أن يلغي أحدهما الآخر إن كانا متطابقين في التردد. وفي بعض الأحيان، يكون لرنين مضاد، يحدث في منتصف رنين عريض، أن يقسم الرنين الواحد بحيث يبدو كأنه شكلان من الرنين.

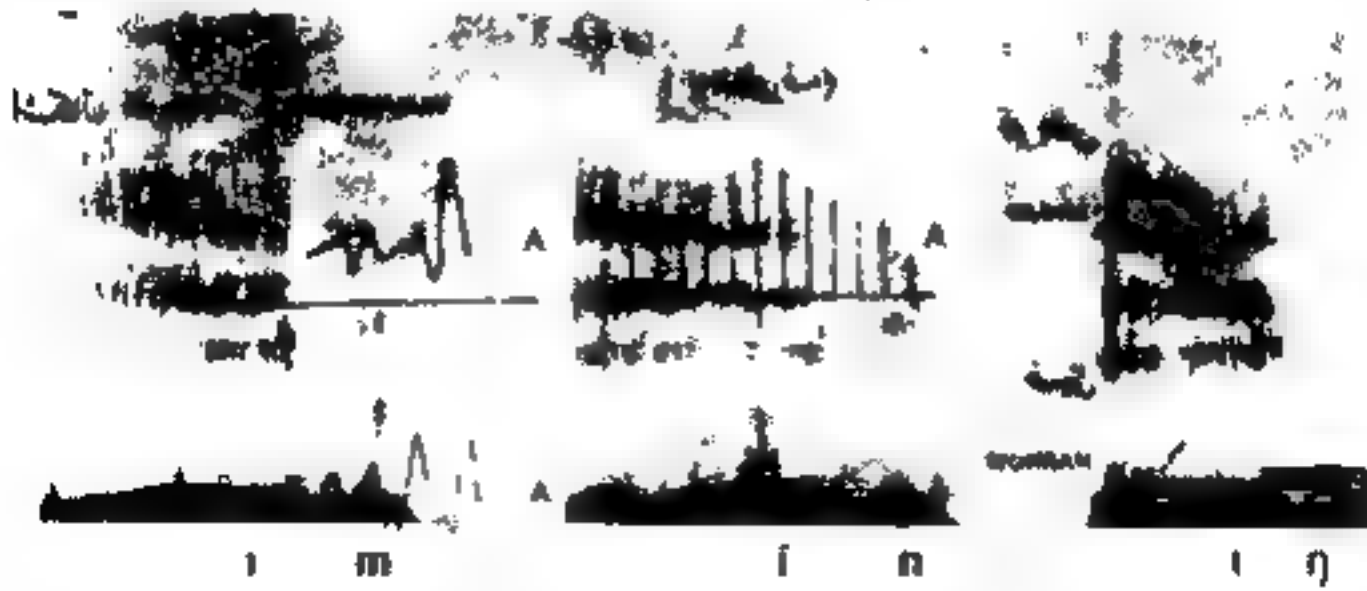
لا بد من الرنين الأنفي في إصدار m, b, m في الإنجليزية، ومن ثم نجد أن اللهجة منخفضة، ومدخل الفجوات الأنفية مفتوح تماماً. وفي الوقت نفسه نجد أن التجويف الفمي مغلق في واحدة من الطرق الثلاث الآتية: ففي m تعلق العضلات الفمية المدارية، التي يحصبها العصب الوجهي (الفصفي السابع) الشفتين. وهكذا لا يرن الصوت القادم من الحبال الصوتية في التجويف البلعومي والتجويف الفمي المعلق فحسب، بل يرن في التجويف الأنفية الواسعة أيضاً. ويصدر الألفي السنخي ny والأنفي الحنكي ny بطريقة الشفوي نفسها m تقريباً، أما عند اختلاف موقع انسداد التجويف الفمي. ففي m تلمس مقدمة اللسان أو رأسه اللقيق الحافة السحية العليا في الحنك الرخو، وتلمس أطراف اللسان الخلفية الأطراف العلوية. أما في ny

فيلمس سطح اللسان القسم الخلفي من الحنك القلبي أو الحنك الرخو عما يسمح
لقليل من التجويف الفمي أن يرن بوصفه فرعاً جانبياً من المجرى الصوتي. حاول
إصدار الصوامت الأنفية $/m/$ ، $/n/$ ، $/ŋ/$ إثر بعضها كي تحس كيف يتراجع موقع
الانسداد في التجويف الفمي إلى الخلف. يمكنك التأكد من وجود الرنين الأنفي من
حلال وضع أصابعك بخفة على طرف أنفك وأنت تتفقد إصدار الأصوات.
تحدث إضافة الفروع الأنفية للمجرى الصوتي مرناً أكبر وأطول. ونحن نعلم
أنه كلما كان المرنان طويلاً كانت الترددات التي يستجيب إليها، على نحو طبيعي
منخفضة. يصف فوجيمورا "Fujimura" نتائج إغلاق التجويف الفمي السمعية،
والحفاظ على اللهاة منخفضة لإعطاء الرنين الأنفي في الأصوات الأنفية المجهورة $/m/$ ،
 $/n/$ بوصفها إضافة سمة دلمة أنفية ضمن طبقة 200 - 300 هرتز في المجرى
الصوتي المذكور. ويكون هذا الرنين أو التشكيل الموجي المميز، كما يظهر في الطيف
الصوتي، أقل في $[m]$ منه في $[n]$ منه في $[ŋ]$ بسبب تزايد تقليل حجم التجويف الفمي
نتيجة تحرك نقطة الانسداد نحو الخلف في الفم. وسمة أخرى للأصوات الأنفية هي
إضعاف التشكيلات الموجية المميزة العليا المتصلة بتلك الموجودة في الصوائت
المجاورة. وإن إضعاف الرنين هو، جزئياً، نتيجة إستجابة تردد النطاق الأوسع
المتحرك في المجرى الصوتي المطول. إنها حقيقة في علم السمعيات أن المرنان المؤلف
عن نحو واسع يمتد بسرعة أكبر من المرنان المؤلف على نحو أضيق انظر (الشكل 4.83)



الشكل 4.83: أشكال موجات وطيفها في مرئانات مولفة على مطلق عريض، ونطاق ضيق
لاحظ إن الحمود (وهن - ضيق) يحصل بسرعة أكبر في المرئانات المولفة على
طاق عريض منه في المرئانات المولفة على نطاق ضيق.

وسبب آخر لمعانة الأصوات الأنفية من قصور في الشدة هو امتصاص الحنجران الساعمة والتلافيف والتجاعيد ضمن التجاويف الأنفية للصوت. يغطي العشاء المخاطي للحلويات الأنفية المستقيمة بالقشرة الصوتية تماماً كما تعطي الفرميدات السمعية جدران غرفة معاملة صوتياً وسقفها. وهناك نقطة أيضاً وهي أن الفم لا يتسق بحجراً واحد مع المجرى الصوتي حيث تشع أو يتشع الطاقة عند الماخز إلى حد كبير. وبالإضافة إلى التفلؤل العام في شدة التشكيلات الموجية المميزة وسيطرة الرنين الأنفي المنخفض، هناك رنين مضاد يتمثل بأنطقة ترددية ذات قلرة منخفضة بوضوح. أما المصطلحات الهندسية المستخدمة في وصف الرنين والرنين المضاد فهي الأقطاب (Poles) والأصفار (Zero) على التماثل. تختلف طبقات التردد في الرنين المضاد المتصل بـ m ، n و q وفقاً لمكان التعلق (ومن ثم بحجم التجويف الفمي الذي يعمل كإنبوب سمعي مغلق). يتميز الأنفي الشفوي $[m]$ برنين مضاد أقل (في طبقة - 500 500 هرتز) من ذلك في $[n]$ (حوالي 2000 - 3000 هرتز) أو في $[q]$ (أكثر من 3000 هرتز). ويبدو أن هناك رنيناً مضاداً في منطقة 600 هرتز وهو ثابت في المجرى الصوتي المذكور بغض النظر عن موقع التعلق. يظهر الشكل (4.84) التشكيلات الموجية العادية لـ $[m]$ التي تضمحل مع الأصوات الأنفية. لاحظ إضافة الدفعة الأنفية في $[m]$ و $[n]$.



الشكل 4.84: صور طيفية لـ $[m]$ ، $[n]$ و $[ŋ]$. لاحظ أن التشكيلات الموجية المميزة تفقد شدتها أثناء الأصوات الأنفية.

المجرى الصوتي مصدراً للصوت Vocat Tract as Sound Source

لقد رأينا كيف تُصدر الصوائت، وأنصاف الصوائت، والصوائت الثنائية والأصوات الألفية على نحو أنموذجي من خلال إحداث صوت دوري في الحنجرة (الوظيفة المصدرية) يرن في المجرى الصوتي (الوظيفة التحويلية). وعلى نحو مماثل، هناك «استراتيجية» تقوم على إحداث أصوات كلامية لادورية في المجرى الصوتي، في التجويف الفمي عادة، ويرن هذا الضجيج الصوتي أيضاً في المجرى الصوتي، على نحو فعال ومؤثر للعامة، في ذلك القسم من المجرى الذي يقع خلف نقطة إصدار الصوت أو موقع إصداره. وهناك ثلاثة طرائق لإصدار الصوائت تقوم على تحريك موجات ضغطية ضجيجية في المجرى الصوتي وهي أصوات الوقف، والإحتكاكيات وأصوات الوقف - الإحتكاكية.

أصوات الوقف (الانفجاريات) Stops or Plosives

هناك ستة أصوات وقف في اللغة الإنجليزية تشبه للصوائت الأنفية في مكان نطقها لـ (الشفوي، السنخي، الحنكي) وهي /p, b, t, d, k, g/ كما في «ple»، «buy»، «two»، «do»، «cow»، و «go». وعلى غرار الأصوات الأنفية، يكون التجويف الفمي مغلقاً في نقطة ما في كل مثال. لكن ذلك الإغلاق أو الإنسداد لا يشبه الإغلاق الأنفي (في الأصوات الأنفية) الذي يمكن تطويله. ومن ثم يمكن تسمية الأصوات بـ «الأصوات المستمرة». فالإنسداد من أجل أصوات الوقف (الإنسداد الوقفي) يحدث ارتفاعاً سريعاً في ضغط الهواء ضمن التجويف الفمي يحرر على نحو مفاجئ، وبمحاذاة فتح الإنسداد. ومن المستحيل تطويل دفقة الهواء المسموعة الناتجة. فهي عابرة أو مؤقتة. واختلاف ثان بين أصوات الوقف والأصوات الأنفية هو أن الأصوات الأنفية لا تحتاج إلى الضغط الهوائي الفمي المرتفع الذي تحتاجه أصوات الوقف، ومن ثم، فإن هناك حركة أكبر في تغير شكل التجويف الفمي خلال إصدار الأصوات الأنفية، وتلك نقطة متناقضها بإسهاب أكبر. عندما نناقش النطق الزوج. واختلاف ثالث بين أصوات الوقف والأصوات الأنفية هو أن أصوات الوقف تخرج من الفم وليس من طريق التجاويف الأنفية. وأخيراً، إن الأصوات الأنفية مجهورة، في حين يمكن لأصوات

الوقف أن تكون مجهورة (مرافقة بذبذبة في الحبال الصوتية) أو غير مجهورة. $/p/$ قارن $/p/$ لتكشف بنفسك الاختلافات الأساسية في الفترة، والرنين وضغط الهواء العمي بين أصوات الوقف والأصوات الألفية.

ولكل صوت وقف غير مجهور في الإنجليزية هناك قرين مجهور. أضف إلى أصوات الوقف غير المجهورة $/k/$ (مصدر صوتي لأدوري) ذبذبة الحبال الصوتية (مصدر صوتي دوري) وستحصل على $/g/$ ، وذلك اتحاد لمصدرين صوتيين. دعنا نناقش المقاطع المألوفة من $[b]$ أو $[p]$ في البداية يليها جئات. تقوم في كل منها بتشكيل انسداد عند الشفتين يمرر فيها بعد. يختلف الصوتان، على أية حال، فيما يحدث في الحجرة. تتهر الحبال الصوتية في $[b]$ عند انفتاح الشفتين، بينما في $[p]$ ، لا تتقارب الحبال الصوتية فيها بينما إلا بعد وقت من تحرير الانسداد في القسم الأعلى من المجرى الصوتي. إنه التوقيت النسبي للكهوائتت المزمارية وفوق المزمارية التي تميز الأصوات المجهورة من غير المجهورة. ولقد سُمي ليسكر (Lusk) وأبرامسون (Abramson) هذا التوقيت النسبي في تحرير صوت الوقف وبداية ذبذبة الحبال الصوتية بـ «لحظة بداية الجهر» ويرمز له بـ (vot). تتميز أصوات الوقف غير المجهورة الاستهلاكية في الإنجليزية بتأخير طويل بين التحرير ولحظة بداية الجهر. لكنه عندما يسبق الوقف غير المجهور بصوت احتكاكي كما في «pin» يُقصر لحظة بداية الجهر وتصبح أكثر ميلاً إلى تلك التي في $[b]$.

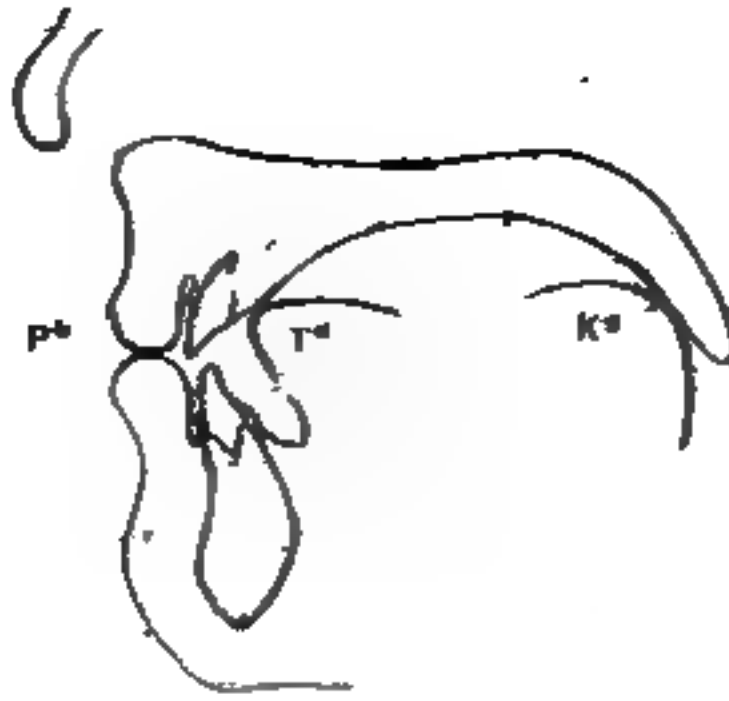
وإنه لأمر شائع أن نصف أصوات الوقف في الإنجليزية الأمريكية مثل $[p]$ في $[pin]$ بأنها (aspirated) وتلك التي في $[spin]$ بأنها (un aspirated). ونصف هاتان الكلمتان الاختلاف في أسلوب طرد الهواء، يمكنك أن تشعر بهذا الاختلاف من خلال وضع إصبعك أمام شفثيك أثناء قولك $[pin]$ و $[spin]$. لكنه ليس من الواضح، على أية حال، أن الاختلاف بين هذين للتطيين يرجع إلى تغيرات أو اختلافات في التوقيت.

يساهم نشاط العضلة المدارية القمية، وبعض العضلات الوحشية الأخرى في الإغلاق الشفوي في $/p/$ و $/b/$. ويصدر الإيقلاوي السنخي $/v/$ وقرينه المجهور $/d/$ من خلال دفع رأس اللسان أو مقدمته إلى الأمام والأعلى كي يلامس الحافة السحبية أو الحنك الصلب. وتساعد العضلة الطولانية العليا، التي تتجه بعض أليافها العصبية

على طول سطح اللسان من الأمام إلى الخلف، في تحقيق هذا الإسداد في التجويف
 الصمي وهي، كمضلات اللسان الأخرى، معصبة بالعصب التحتلساني (العصب
 الثاني عشر) يتج الاسداد اللازم في /K/ و /S/ مثل /ʒ/ عن رفع مؤخرة اللسان على
 طول سطحها، كي تلتصق أو تلمس الحنك الرخو أو الحنك القاسي. وغالباً ما يعتمد
 موقع النطق على السياق. فعلى سبيل المثال: إن مكان نطق /w/ في «kw» هو أكثر تقدماً
 إلى الأمام منه في «caugh». وهكذا، رغم أن /w/ تصنف على الحملة صامتة
 صوامت حلقية، فإن مصطلح حنكي - حلقى أكثر صواباً. وتكون العضلات
 الأبرية - اللسانية، والعضلات الأبرية - الحنكية في مواقع يمكن استخدامها في تحقيق
 إرجاع اللسان ورفع اللازمين لهذا الإسداد. وتؤدي العضلة الفك - اللامية
 (الشكل 4.86)، وهي غور عضلي منبسط يتصل بطرفي الفك الأسفل الداخليين،
 وظيفة قعر التجويف الصمي.



الشكل 4.86: العضلة الفك - اللامية من قعر الفم (إن العضلات المزدوجة الواقعة تحت
 لعضلة الفك - اللامية هي الحواقي البطنية الداخلية للعضلة الشبطينية التي
 العضلة الفك - اللامية هي الحواف البطنية الداخلية للعضلة الشبطينية التي
 تعمل على خفض الفك. لم تناقش هذه العضلات في النص).
 يمصب هذه العضلة، كالأجزاء الداخلية للعضلات الشبطينية الواقعة تحتها،
 الفرع الحنكي - اللامي من العصب المثلث التوائم (العصب الخامس) الذي يعد
 عادة عصباً حسيّاً ويزود المنطقة الوجهية بالأعصاب، لكنه يحتوي على هذا المكون
 الحركي. يؤدي انقباض الألياف العضلية في العضلة الفك - اللامية إلى رفع قاع
 التجويف الصمي مما يساعد على رفع مؤخرة اللسان الثقيلة في إصدار /w/. يقارن
 الشكل (4.86) بين مواقع نطق أصوات الوقف الشفوية، السنخية، والحنكية -
 الحلقية.



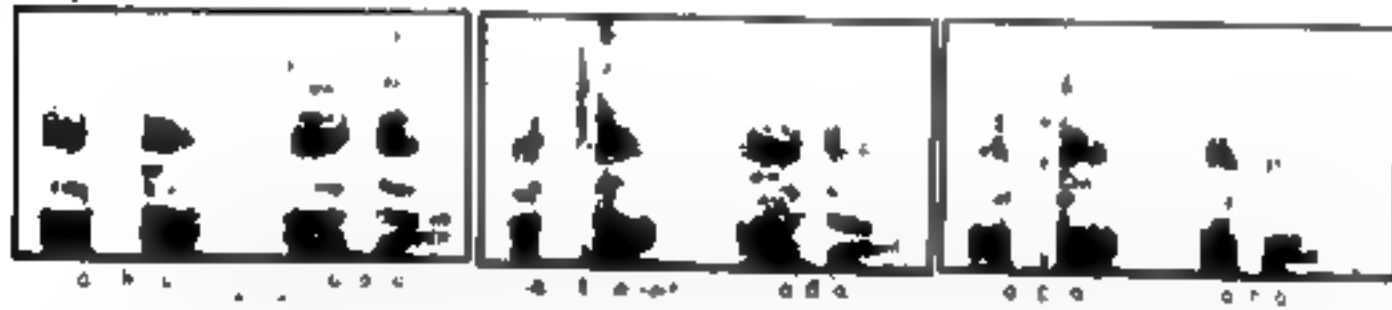
الشكل 4.85 مكان نطق أصوات الوقف الشفوية، السنخية، والحنكية - الحلقية.

وعندما يرتفع ضغط الهواء في التجويف على نحو كافٍ لإصدار صوت الوقف ترغمي العضلات المسؤولة عن الانسداد مما يسمح بانطلاق الهواء. وبالإضافة لذلك، ربما كانت هناك عضلات متخرطة في عملية تحرير الهواء. وغالباً ما يكون أصوات الوقف الواقعة في نهاية الكلمة غير انفجارية (غير متبوعة بدفقة هوائية). حيث يُصنع الانسداد، لكنه يمكن للمكلم الحفاظ ببساطة على الانسداد النطقي الذي صنعه الشفتان أو اللسان. ويبدو شيئاً متكلفاً أو غير طبيعي أن تتبع أصوات الوقف في كل مرة نقول فيها «tap» أو «cat» بدفقة هوائية على الرغم من أننا نميل أكثر إلى اتباع [k] في «back» بدفقة هوائية. وفي جهود ناجحة لتقليل جهلنا إلى حد الأقل، ننطق كلمات بصوتي وقف معاً بتحرير واحد متبوع بدفقة هوائية واحدة. إننا نغلق للوقف الأول، وخلال الانسداد نتحرك إلى مكان النطق الثاني ونصدر الدفقة الهوائية التابعة للوقف الثاني فحسب.

وهناك صوت وقف سابع، وهو الوقف المزماري الذي غالباً ما نسمعه على الرغم من عدم الاعتراف الكامل به في اللغة الإنجليزية (ناقشنا الوقف المزماري في القسم المتعلق بالنطق) إن مكان انسداد المجرى الصوتي هو المزمار. وهو الصوت

الذي يصدره جيمي كونرز «Jimmy Connors» في كل إرسال في لعبة التنس. وهو الصوت الذي سُمعَ بعض سكان نيويورك يستغيثونهم عن /v/ في «bottle» - [baɪl]، وكذلك تصبح «rotten» - [raɪn] في كلام العديد من الناس. تشير النقطة تحت /v/ و /w/ إلى أنها صامتان مقطعتان. إن درجة رنينها العالية تمكنها من أن يجلاً عمل صائت بوصفها نواة مقطعية.

تتألف أصوات الوقف من ناحية سمعية من ثلاثة أحداث: الإنسداد، والتحرير Aspiration وفي بعض الأحيان (ضجيج انطلاق الهواء). هناك صمت أو سكون خلال فترة الإنسداد في أصوات الوقف غير المجهورة، وفي بعض الأحيان، هناك صوت منخفض في حالة أصوات الوقف المجهورة، لكنه هناك فجوة سمعية / صوتية ملحوظة في نمط التشكيلات الموجية المميزة في كلٍ من حالات أصوات الوقف غير المجهورة والمجهورة. يقارن الشكل (4.87) أطراف أصوات الوقف غير المجهورة بأطراف أصوات الوقف المجهورة.



الشكل 4.87: صور طيفية لأصوات الوقف المجهورة وغير المجهورة مع [a]. وهي: [apa]، [aba]، [ata]، [ada]، [aka] و [aga] لاحظ السكون، أو الفجوة أثناء الإغلاق (الإنسداد). ونجد الدفقات الهوائية التي تشير إلى تحرير الإنسداد أكثر وضوحاً في أصوات الوقف غير المجهورة منها في أصوات الوقف المجهورة.

لاحظ المجوات، وفترات السكون التي تحدث خلال انسداد التحريف العمي. وعندما يتحرر الضغط الهوائي، الذي تزايد خلف الإنسداد، نجد أن هناك دفقة هوائية تبدو غالباً مثل نبضة عابرة في الطيف الصوتي لأنها لا تأخذ سوى وقت قصير جداً للعناية ولكنها تعطي طبقات واسعة من الترددات. ونجد تأكيداً للترددات العالية في /v/ و /w/، وتأكيداً على الترددات المنخفضة في /p/ و /b/، ويتنوع تأكيد الترددات في /v/ و /w/. وغالباً ما تتبع الدفقة الهوائية بمستوى ما من الضجيج بوصفه علامات عشوائية في الطيف الصوتي. وعلى الجملة، تتمتع دقات أصوات الوقف غير المجهورة الهوائية بشدة أكبر من قرائنها المجهورة.

يمكن رؤية الاختلاف في التزامن بين /p.t.k/ و /b.d.g/ الذي يسميه ليسكر وأبرامسن بـ «لحظة الجهر» (voicing)، عندما يلحق أصوات الوقف الأمامية صائت. نجد أن الوقت بين النبضة العابرة التي تمثل الدفقة الهوائية، وبداية جهاز التشكيلات الموجية المميزة التي تمثل الصائت اللاحق، غير مهم أو حتى سلب في حالة أصوات الوقف المجهورة.

يعني ص (voicing) الصلية أن الجهر (ذبذبة الحبال الصوتية) يبدأ قبل الدفقة الهوائية. وتتمتع أصوات الوقف غير المجهورة الواقعة في بداية الكلمة في الإنجليزية بقيم voicing موجبة، حيث أن هناك تأخيراً طويلاً نسبياً بين تحرير الدفقة الهوائية وبداية جهاز التشكيلات الموجية المميزة، وبذلك يمكن فهم التميز بين أصوات الوقف غير المجهورة وأصوات الوقف المجهورة في بداية الكلمة بوصفه مقارنة في التزامن بين انفتاح الإنسداد العطفي وبداية ذبذبة الحبال الصوتية. وتستخدم اللغات الأخرى تبايناً ترامياً مختلفاً. فعلى سبيل المثال تميز الإسبانية بقيم voicing أصغر من تلك الموحدة في الإنجليزية، وتكون أصوات الوقف غير المجهورة /k.t.p/ أقل اتباعاً بدقات هوائية،

وتتمتع أصوات الوقف المجهورة بقيم vot سالبة حيث تحدث ذبذبة الحبال الصوتية أثناء الإغلاق، ومن ثم قبل الدقة الهوائية.

والتأثير السمعي الأخير لأصوات الوقف هو تغير عابر سريع في حالة التشكيلات الموجية المميزة الثابتة نسبياً في الصائت المجاور. تعكس تغيرات التشكيلات هذه تغيرات الرنين عندما يغير المجرى الصوتي شكله من الإنسداد اللازم لصوت الوقف إلى الشكل الأكثر انفتاحاً اللازم للصائت. وهكذا نجد أن النسبات السمعية الممكنة المميزة لأصوات الوقف عدة: السكون، وعمود الجهر، والدقة الهوائية، *Aspiration*، vot والتعيرات السريعة في التشكيلات الموجية المميزة. متناقص، فيها بعد، في فصل إدراك الكلام، أهمية هذه السمات الزائدة عن الحاجة.

Fricatives

الأصوات الاحتكاكية (الإحتكاكيات)

يمكن إنتاج العديد من أنواع الضجيج في المجرى الصوتي من خلال إرسال تيار الهواء التنفسي (مجهوراً أو غير مجهور) عبر أماكن ضيقة مُشكَّلة ضمن المجرى الصوتي. يجب أن يكون التيار الهوائي قوياً على نحو كافٍ، وأن يكون المضيق ضيقاً على نحو كافٍ أيضاً. يخلق الصوت الاحتكاكي (اهتزازات ضجيجية عشوائية في التيار الهوائي) تعتمد الأصوات الاحتكاكية في الكلام، كما هي الحال في صفير البخار الخارج من المشمع، على ضغط تيار هوائي مستمر عبر ممر ضيق. وهناك أربعة أماكن نطقية رئيسة تستخدم لإنتاج المضائق في الإنجليزية وهي: السني - الشفوي، اللساني - السنخي والحلق، يوضح الشكل (4.88)، على نحو تخطيطي، مواقع المضائق الأربعة.



الشكل 4.88: مكان نطق الأصوات الاحتكاكية في الإنجليزية - الأمريكية: السني - الشفوي، اللساني - السنخي والحلق.

يصبح التيار الهوائي ميموحاً عند نقطة المصيق إن كان الزمار مفتوحاً، وأما إن كان الزمار مغلقاً بلبذبة الحبال الصوتية، فإن النتيجة تكون صوتاً ذا مصدرين: الصوت الدوري للذبذبة الحبال الصوتية، والصوت اللادوري للصوت الاحتكاكي. يجب أن تنقبض العضلة الحلقية الرافعة مغلفة المنياء الأنفي - البلعومي على نحو يمنع أي تسرب للهواء كي يمكن تطوير ضغط هوائي كاف في التجويف الفمي لإصدار الصوت الصحيح. وهنا مهم، خاصة، في أصوات الوقف، والاحتكاكيات وأصوات الوقف - الاحتكاكية.

يتطلب الاحتكاكيات الشفويان - السنان /v/ و /w/ كما في «Fan» و «Van» تعصيب العصب الوجهي (العصب القحفي السابع) للعضلات المناسبة في القسم السفلي من الوجه بما في ذلك العضلة القمية المدارية الداخلية) كي يقترب بالشفة السفلى قريباً من الأطراف الداخلية للقواطع العليا المركزية (الوسطى). بينما يتشكل الاحتكاكيات اللسانية - السنان /s/ و /z/ كما في «high» و «thy» من خلال دنو رأس اللسان من القواطع العليا. ولا تختلف الإستراتيجية هنا كثيراً عن تلك المستخدمة في الشفويين - السنين. لكن النشاط الحركي هنا يتمركز في مجموعة عضلات اللسان. وتلعب العضلة الطولانية العليا الدور الرئيس (تعصيب العصب الثاني عشر). وليست الاحتكاكيات /θ, θ, v, f/ متشابهة في طريقة إصدارها لعصب، ولكنها متشابهة أيضاً، نتيجة لذلك، في صفاتها السمعية، كما ستناقش ذلك بعد قليل.

وينتج الاحتكاكيات السنخيان /s, z/ والاحتكاكيات الحلقيان /ʃ, ʒ/ على نحو مختلف قليلاً، وقد أكسبتها صفتهم المسهية المميزة - الآمرة بالسكون - عنواناً فرعياً ضمن الاحتكاكيات وهو الاحتكاكيات الصفيرية. دعنا نحلل أولاً إصدار [s] و [z] كما في «Sue» و «Zoo». يقع المصيق هنا بين الحافة السنخية واللسان، لكن المتكلمين يتعلمون في جزء اللسان الذي يوقعه كل منهم، بشكل العديد من المتكلمين المصيق بين رأس اللسان والحافة السنخية، في حين يثني بعضهم الآخر رأس اللسان خلف القواطع السفلية محلباً سطح اللسان نحو الأعلى، ومن ثم يتشكل المصيق بين عصل اللسان والحافة السنخية. اضغط على رأس لسانك، يمكنك بعدئذ تحسس أين هو،

وحاول أن يحدد موقعه بالنسبة لأسنانك وأنت تطول [s]. هل هو خلف القواطع العليا، أم في الأسفل خلف القواطع السفلية، أم أنه في موقع وسط بين الموفعين السابقين.

عالمياً ما يتشكل أختود في [s] و [z] على طول خط منتصف اللسان كي يمحصر أو يوجه التيار الهوائي. ويحدث هذا الأختود من خلال ملاصقة أطراف اللسان حواف الأسنان، وهناك مضيق آخر مهم في إصدار الاحتكاكيات السخية، حيث يجب أن تكون الفتحة بين القواطع العليا والقواطع السفلى ضيقة. وتظهر أهمية هذا المضيق الثابت في الصعوبات التي يلاقيها من فقد أسنانه الأمامية أو فتح فاه في إصدار [s] و [z].

إن المجموعات العضلية المساهمة في هذه الحركات هي عضلات الفك واللسان؛ معتمدة طبعاً على مواقع اللسان والفك مع بداية النشاط الحركي في /B/ و /Z/. وتكون عضلات الفك المغلقة (وهي العضلة الجناحية الوسطى أساساً، (الشكل 4.89) التي يزودها الفرع المكبي للعصب الثالث التوائم (العصب القحفي الخامس) بالأعصاب، وعضلات اللسان الرافعة (العضلة الذقنية - اللسانية والعضلة اللسانية - الدرقية) أكثر نشاطاً أو أقل.



الشكل 4.89 - منظر جانبي للعضلة الجناحية الوحشية والعضلة الجناحية الأنسية تعمل العضلة الأنسية على رفع الفك أثناء الكلام. في حين تعمل العضلة الوحشية الجناحية، وهي عضلة مركبة، على جر اللسان إلى الأمام. لا تفهم وظائفها أثناء الكلام إلا على نطاق محدود للغاية. وليس من عي النص

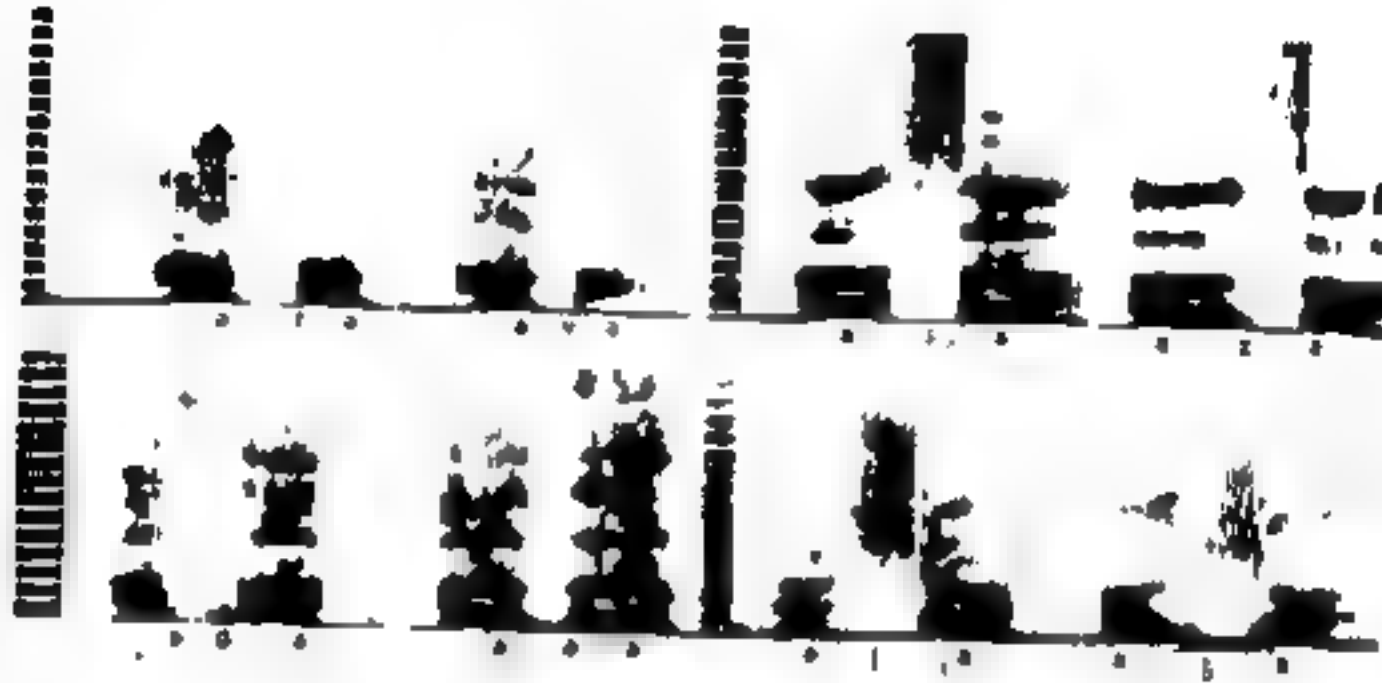
وبمختلف غط النشاط العضلي ضمن عضلات اللسان نفسه أيضاً وفقاً للأساليب الشخصية في تشكيل المضيق السنخي. يُظهر المتكلمون الذين يرفعون رأس لسانهم إلى الأعلى نشاطاً أكثر في العضلة الطولانية العليا، بينما يبدي المتكلمون الذين يخفضون رأس لسانهم إلى الأسفل انقباضاً نشطاً في العضلة الطولانية الداحلية (السفل).

يشبه الاحتكاكيان الحلقيان /ʃ/ و /tʃ/ كما في «shoe» و «azuro» /a/ و /z/ تماماً حيث يتشكل المضيق إلى الخلف قليلاً ويكون الانفتاح أكثر عرضاً قليلاً، ويمكن للشفتين أن تكونا مدورتين قليلاً أيضاً. وبما أن شكل الشفتين أقل أهمية في /a/ (حيث تبقيان مبسوطتين أحياناً، دون الحاجة الماسة لذلك) حاول أن تصدر /a/ بشفتين مدورتين. حرك لسانك باتجاه الخلف ببطء، وسع المضيق، متصدر /a/ عندئذ. وغالباً ما يحصل ارتباك في نطق هذين الاحتكاكيين. ووفقاً لدراسات الصوت الشعاعية عند صبتيل «Subtenty» فقد بلغ متوسط المضيق السنخي في /a/ حوالي 1 ملم، بينما بلغ مضيق القواطع حوالي 2-3 ملم. ربما كان طول المضيق السنخي (2,5 سم) أكثر أهمية من عرضه. وينتج عن نطق واسع من الفتحات التي تتجاوز تلك اللازمة لـ /a/ أصوات من غط /a/ ولذلك فإنه ليس مدهشاً أن الخطأ النطقي السائد هو حصول /ʃ/ في مكان /a/ وليس العكس.

هناك احتكاكي آخر تناسبه أقل في مخطط الصوتيات النطقية انه /h/ المهموس. فهو احتكاكي، وموضع المضيق هو الحنجرة، وفي الزمار على نحو محدد. وهو غير مجهور عادة كما في /haw/، ولكن يمكن تسميته عندما يقع بين صوتين مجهورين كما في «h» على سبيل المثال. إن الحركة الوحيدة المطلوبة لذلك هي التقريب بين الحبال الصوتية. وسيطر عليها المقربات والبعيدات الحنجرية (تقرب الحبال الصوتية من مجورها أو تباعدها عنه). يأخذ المجرى الصوتي أثناء إصدار /h/ الشكل اللازم للصائت اللاحق. يكون شكل المجرى أثناء إصدار /h/ في «heat» و «hot» شكل /h/ و /a/ على التعاقب.

الإحتكاكيات أصوات متصلة؛ حيث يمكن تطويلها على عكس أصوات الوقف. وعلى عرلو الأصوات الكلامية جميعاً تكون الإحتكاكيات نتاج مصدر صوتي

(وفي بعض الأحيان مصدرين) يتغير عبر محول مرنان ويتحول أكثر نتيجة الإشعاع الصوتي عند المخرج (الشفيتين). إن مصدر الضجيج الاحتكاكي هو المصيق. وقد أظهر هينز (Heinz) و (ستيفنز) أن الصفات الرنينية للمصيق والمجرى الصوتي قبل المصدر الصوتي تقرر الطيف الصوتي عند الشفتين على نحو كبير. يظهر الشكل (4.90) الأطياف الصوتية للاحتكاكيات.



الشكل 4.90: أطياف الاحتكاكيات الصوتية

ويمكن للوهلة الأولى ملاحظة أن القدرة الاحتكاكية منخفضة جداً في $1000/100$ و $100/10$. لكنه رغم القدرة المنخفضة نجد أن النطاق الترددي عريض أو واسع. أما الاحتكاكيات الصغيرة فإنها تتميز بنطاق أضيق من الترددات العالية وقدرة ضجيجية عالية. يتمثل الفرق في الشدة بين الاحتكاكيات الشفوية - السنية واللسانية - السنية وبين الاحتكاكيات السخية والاحتكاكيات الحلقية في الأطياف بسواد الاحتكاك الحاصل. نجد أن معظم القدرة الصوتية في $100/10$ هي فوق أربعة كيلو هرتز، بينما نجدها في $100/10$ متمركزة حول 2500 هرتز أو أكثر بقليل. إن المرنان المؤثر في $100/10$ أطول

من ذلك المؤثر في /s/ ومن هنا تأتي تردداته المنخفضة التي لا يسببها موضع المضيق الحلقي. نلاحظ أيضاً طولاً أيضاً (طول المضيق) الذي يمكن أن يسببه تدوير الشفتين

ولإعطاء مثال لإنتاج الصوامت بطريقة المنبر - المصفاة؛ دعنا نفصل الإنتاج السمعي لـ /s/ تماماً كما فعلنا في /h/ و /w/ في الصوائت. تشتق الأقطاب أوريين /s/ من تردد المضيق الرنفي الطبيعي وتردد التجويف الرنفي الطبيعي أيضاً أمام المضيق. يظهر الشكل (4.90) مظهر مجرى صوتي مناسب لإنتاج /s/.



الشكل 4.91: أثر صنع من مظهر جانبي لصورة شعاعية للمجرى الصوتي أثناء إصدار /s/ تمثل القطعان السوداء كرتين وصاعيتين. حُللت حركة اللسان من خلال اتباع حركة الكرتين من شكل لآخر.

يمكن اعتبار المضيق الضيق يرن مثل أي أنبوب مفتوح الطرفين، وبذلك يحصل أذن تردده رنفي على موجة طولها (λ) يساوي ضعف طول الأنبوب. وإذا ما استخدمنا مقاييس مستنبطية فإن ذلك يساوي 2×2.5 أو 5 سم، ومن ثم فإن التردد الرنفي الطبيعي لـ مثل ذلك الأنبوب يساوي حوالي 6880 هرتز.

$$\text{التردد} = \frac{\text{سرعة الصوت}}{\text{طول الموجة}} = \frac{34,400}{5 \text{ سم}} = 6,880 \text{ هرتز}$$

إن مصدر الصجيج الاحتكاكي هو حواف المضيق الداخلية. ويمكن تشبيه

التجويف المليء بالهواء الواقع أمام المصدر الضجيجي بأنبوب مغلق من أحد طرفيه لأن المصيق ضيق للغاية عند المصدر.

إن الأنابيب المعلقة من أحد طرفيها والمفتوحة من الطرف الآخر هي أرباع مربعات موجية وليست أنصاف مربعات موجية؛ ويمكنك تذكر ذلك من الفاش السابق طول الإصدار النطقي، ومن ثم نجد أن رنين التجويف الداخلي يقارب 8600 هرتز.

$$\text{التردد} = \frac{\text{السرعة}}{\text{طول الموجة}} = \frac{34,400 \text{ سم}}{4 (1 \text{ سم})} = \frac{34,400}{4} = 8600 \text{ هرتز}.$$

لا يمكن سماع رنين التجويف الخلفي بسبب ضيق المصيق. وهكذا لن يكون هناك سوى قدرة قليلة دون 4000 هرتز. إن الرنين الذي يمكن إنتاجه دون أربعة كيلو هرتز، سيلغيه رنين التجويف الخلفي الصادر. لقد رأينا أن معظم القدرة لله/ تقع فوق 4000 هرتز؛ بينما نجدتها في ن/ فوق 2500 هرتز.

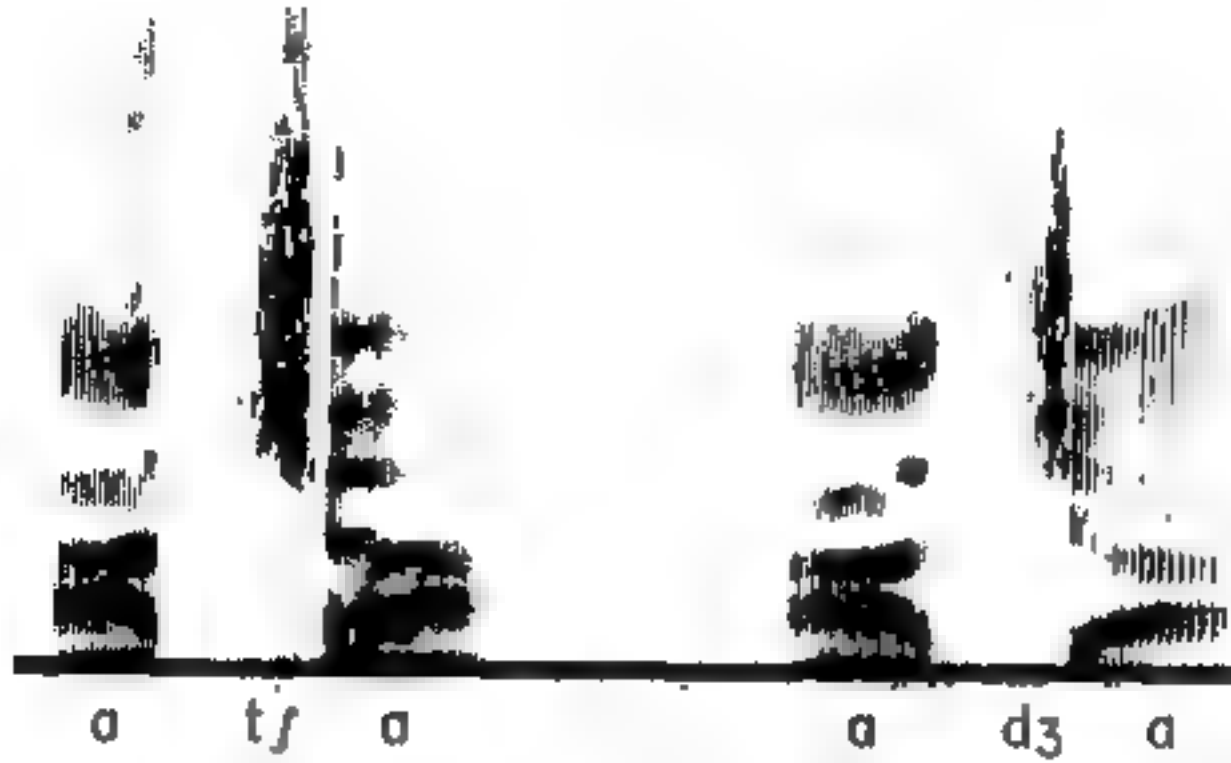
يروي الدال «dall» أنه عندما تقع ه/ بجوار صوت وقف، يتغير حد الضجيج الأدنى الاحتكاكي مبنياً بذلك تكيف المجري الصوتي المصنوع أثناء إصدار الاحتكاكي. ينخفض الحد الترددي باقتراب المجري الصوتي من الإغلاق الشفوي، وبتزايد تردده خلال اقترابه من أصوات الوقف السحرية، ويبقى ثابتاً في أصوات الوقف الحسكية.

Affricates

أصوات الوقف الاحتكاكية

هناك صوتين من هذا النوع في الإنجليزية [tʃ] و [dʒ] كما في «chair» و «jar». وصوت الوقف الاحتكاكي هو مجرد صوت وقف بتحرير احتكاكي. حيث تُسمع الإسداد السخّي كما في ه/ أو ه/ ولكن عندما يحرر التكلم الإسداد يصدر صوتاً صحيحياً احتكاكياً. وتكون الشفتان مدوّرتين قليلاً ويتراجع اللسان قليلاً كما هي الحال في التضييق الذي يصدر عنه ن/. يظهر الشكل (4.92) النتائج السمعية

لشوكة للإنسداد (مخطوطها الجهرية في /dʒ/ والصمت أو السكون في الإنسداد في /tʃ/، والدقعة أو بداية الضجيج المفاجئة وفترة الإحتكاك



الشكل 4.92: صور [aɪa] و [ædʒa] الطيفية.

الأصوات الكلامية الإنجليزية English Speech Sounds

بعد أن القينا نظرة عامة على أصوات لغتنا (الإنجليزية)، ربما كان ممهداً المقارنة بينها بطريقتين: طريقة نطقها ومكانها في المجرى الصوتي، والثانية: مناقشة بعض الطرق التي يؤثر فيها الواحد بالآخر في السياق. ويرسم مكان نطق الصوت عادة مسجلاً عن مكان نطق الصوامت. لقد رأينا مثلث الصوت أو رباعيها في الشكل (4.74) يمثل المحاور العامودي في الشكل (4.93) أسلوب النطق، بينما يمثل المحور الأفقي مكان نطق الصوامت.

مزماري حلقى حنكي خلفي منخبي منخبي منخبي شفوي شفوي الشفوي

	Both Lips (bilabial)	Lip—Teeth (labio-dental)	Tongue—Teeth (linguo-dental)	Tongue—Edge (alveolar)	Tongue—Hard Palate (post-alveolar)	Tongue—Soft Palate (palatal)	Tongue—Velum (velar)	Glottis (glottal)
Stop	p b			t d			k g	أصوات الوقف
Continuant								الأصوات المستمرة
Fricative	f v		θ ð	s z	ʃ ʒ		(x)	الإحتكاكيات
Frictionless Sounds								اللااحتكاكية
Nasal	m			n			ŋ	الأنفيات
Lateral				l				الأصوات الجانبية
Glide- semivowels	w				r	j	(w, r)	أنصاف الصوائت
Affricates				tʃ dʒ				الوقف - الإحتكاكية

الشكل 4.93: تصنيف لأصوات الإنجليزية الأمريكية. تظهر الصوائت غير المجهورة في يسار كل عمود، وتظهر الصوائت المجهورة على اليمين. بينما تظهر أشكال الصوت الثانوية نفسها ضمن أقواس موصوفة.

ولعل جزءاً من المسعى لتنظيم المصطلحات المستخدمة في الصوتيات السمعية والنطقية ما قام به بيترسون وشوب «Peterson & Shoup» حين رتبوا الأصوات الكلامية وفقاً لمكان النطق على نحو مثير. يمثل الشكل (4.94) شكلاً معدلاً لشكلها حذفته منه كافة الأصوات ما عدا الإنجليزية. يمثل المحور العمودي مجرى صوتياً مطلقاً تماماً في القيمة، ويتقدم نحو مجرى مفتوح في القاعدة وأصلاً بين الأصوات التي تمتلك طريقة نطق متشابهة. فلو تتبعنا، مثلاً مستوى أصوات الوقف عبر المخطط وحول الزاوية، فإننا سننتهي بصوت الوقف للمزماري. بينما تمثل مكان النطق أفقياً من خلال البعد الأمامي - الخلفي. يوحد «مكان النطق العمودي» لارتفاع اللسان مع وصف طريقة نطق الصوائت.

مكان النطق الأفقي

أسلوب نطق	مكان النطق الأفقي					
	SILABIAL	LABIO-DENTAL	LINGUA-DENTAL	ALVEOLAR	PALATAL	VELAR
الأممي	m			n		ŋ
الوقف	p b			t d		k q
الوقف الاحتكاكي				tʃ dʒ		
الاحتكاكي		f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	
المرناة	w			l	r j	(w)
الصوائت				i e	u	
				æ		
				ʌ ɒ		
				ɑ		
						h ʔ

الشكل 4.94 مخطط بيرسون وشوب لأصوات الإنجليزية الأمريكية (راجع النص لمزيد من التفاصيل)

Sound Influence

التأثير الصوتي

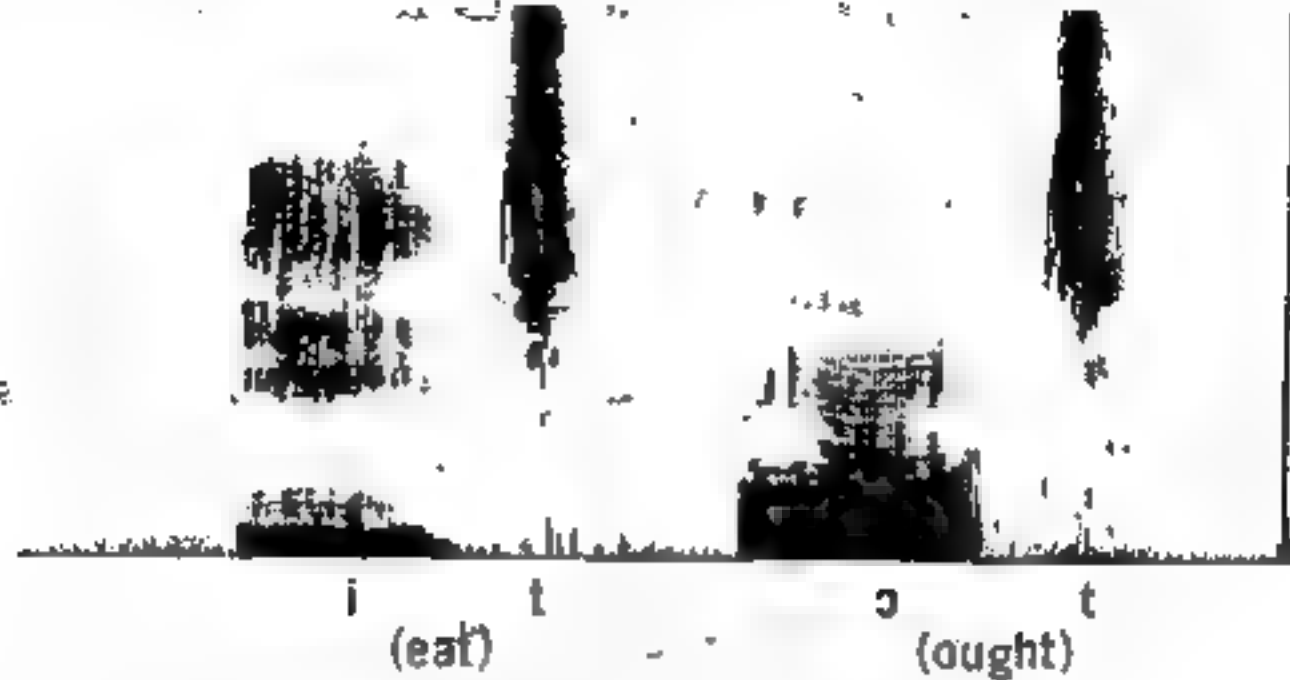
Adaptation

التكيف (التطويع)

الكلام تيار سمعي دائم التغير تصدره عمليات نطقية «ديناميكية». تتأثر الأصوات الكلامية في السابق، وتغير متأثرة بأصواتها المجاورة. والشيء الأساسي في فهم أفضل لإصدار الكلام هو دراسة هذه التأثيرات التي تتبادلها الأصوات فيما بينها كما يبدو واضحاً في السمعيات، والحركات النطقية ومعلومات نشاط العضلات. وهناك ثلاثة مظاهر أساسية يمكن دراستها في التأثير الصوتي وهي: التكيف، والتماثل، والنطق المشترك (المزدوج). سنعرّفها فيما يلي. أحد أنواع التأثير الذي نحترمه أن نسميه هو التكيف، فالتكيف الصوتي هو اختلافات في الطرق التي تتحرك فيها أعضاء النطق إلى الحد الذي تغير التجويف شكلها وفقاً للفونيمات المجاورة.

تقرر مواضع عضو النطق وأشكال التجويف في صوت ما الحركات الضرورية لإصدار الأصوات الكلامية المجاورة. وتظهر نتائج التكيف على نحو واضح في المماراتيزيائية السمعية والحركات ومادة حركة العضلات. يعرض الشكل (4.95) دليلاً

سمعا للتكيف. فحتى مصدر استناد [t] في نهاية «eat» يحدث تغيراً بسيطاً في شكل التجويف الفمي ينتج عنه تغير صغير مفاجيء في التشكيل الموجي المميز الثاني، مما يتطلب الاستناد نفسه بعد [t] تقصير المنحني الصوتي (الذي طوّل في [d] ورمياً لسائياً أكثر كثافة ينتج عنه تغير كبير إيجابي في التشكيل الموجي الثاني. وهكذا نجد أن طريقة إصدار كل [t] قد تكيفت وفقاً لشروط الصائت المجاور أو بيته

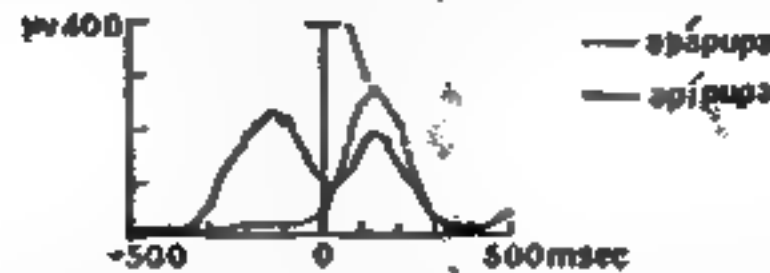


الشكل 4.05: تكيف سمعي. إن تحول التشكيل الموجي الثاني من «أجل [t] في «eat» صغير جداً بالمقارنة تحوله من أجل [t] في «ought».

وقد أظهرت دراسات الصور الشعاعية تأثيرات الموقع أو المكان على الحركة. فغالباً ما تكون نقطة التقاء اللسان بالحنك لإصدار [t] في «eat» أقل تراجعاً للخلف من تلك اللازمة لإصدار [t] في «caught»، لأن الصائت هنا يتكيف أيضاً مع شروط الصائت، وقد أعطى مكتبيج Macorrigos نوعاً مختلفاً من الأمثلة وهو التكلم أثناء إطلاق الأسنان على أنبوب. ونجد هنا أن ارتفاع اللسان اللازم لإصدار الصوت السني، على منيل المثال، يتكيف مع موقع الفك السفلي الأعلى مقارنة مع الحركة اللازمة لما عليه الأمر حين يكون الفم مفتوحاً والفك منخفضاً كما في إصدار /w/

أما على صعيد النشاط العضلي، فقد تنوعت تسجيلات النشاط العضلي المرتبطة بصوت كلامي ما وفقاً للسباق الصوتي. وقد وجد «مكتبيج» و «دي كلاوك» Mac-

Clark & Bellage تأثيرات متشعبة للصوتيات أو الصوامت المتجاورة في إشارة تسجيل العضل الكهربائي (EMG) المرتبطة بصوت كلامي محدد. وثمة مثال للتكيف مستقى من عمل «بيل بيرقي» و «مارس» «Bell-Berly & Harter» وهو نشاط العضلة اللسانية - اللسانية التي، كما تذكر، تقوم برفع كتلة اللسان وتقديتها. فقد وجد (الشكل 4.98) أن نشاط العضلة اللسانية - اللسانية أكبر في [a] بعد الصامت المنخفض [a] بالإضافة إلى صامت منه عندما تكون بعد صامت مرفوع مقدماً كما في [a] بالإضافة إلى الصامت نفسه.



الشكل 4.98: نشاط العضلة اللسانية - اللسانية في [a] بعد [a] و [a]. فكمية النشاط تكون أكثر بعد [a] لأنه يجب على اللسان أن يقطع مسافة أطول. يشير السهم إلى قمة النشاط في [a].

يجب أن يقطع اللسان مسافة أطول من الموقع المنخفض - الخلفي في [a] إلى الموقع المرتفع في [a]، وعلى نحو مماثل، عندما يكون اللسان في موقع مرتفع مقدماً في [a] تكون المسافة التي سيقطعها إلى [a] أقصر. وهكذا نجد أن المواقع النطقية في وقت ما تؤثر في النشاط العضلي اللازم لإصدار الحركات المستقبلية. ونجد أن التكيف الناتج ظاهر في مستويات البحث الفيزيولوجية والسمعية (الفيزيائية) كافة.

وثمة حالة خاصة من التكيف تكون نتيجة التبدل في معدل سرعة الكلام. ينتج عن معدلات الكلام السريعة حيز اللسان عن الوصول إلى مواقع أهدافه. وقد أظهر ليندبلوم (Lindblom) من تحليل أطراف الصوتيات الصوتية أن معدلات الكلام السريعة تحيد أنماط التشكيلات الموجية المميزة باتجاه الصائت غير المنبور [a] الذي يمكن اعتباره (allophone) لكافة الصوتيات. ويكون التحديد عادة دقيقاً، لكنه يمكنك سماع تغير الصوت لو قارنت [a] في صيغة الاعتراض «But you have» مع [a] في العبارة الملهوطة بسرعة «you have seen it» والنبرة الأساسية موضوعة فرق «Seen».

ويسمى التكيف في شكله الأعظمي بـ «المماثلة».

لقد نظرنا إلى التكيف على أنه يعني أن إصدار صوت كلامي معين يتنوع ويختلف وفقاً لأشكال المجري الصوتي في الأصوات المجاورة. ولو بقي هذا التكيف إلى حدٍ كبير، فإن صوتاً كلامياً يمكن في الواقع، أن يتغير ويصبح، إلى حدٍ كبير، مشابهاً لجيرانه. يسمى هذا التغير في الصوت الكلامي بـ «المماثلة». لقد وصف علماء الأصوات الكلامية بحرص ودقة عملية المماثلة في الكلام. حيث تمتد سمة معينة من صوت إلى صوت آخر. فمثل سبيل المثال، تمتد سمة /الجهر/ لتشمل /s/ في «husband» بسبب تأثير الأصوات المجهورة المجاورة. وتمتد سمة الموقع الخلفي - السخفي إلى /v/ السخفية، عادة، في «think» لتصبح [θɪŋk]، ومن ثم يتشابه الأنفي مع مكان نطق [k] الأكثر تراجعاً أو خلفية.

ويمكن أن يكون التأثير إما توقعاً للصوت التالي أي: مماثلة توقعية (ويدعى أيضاً مماثلة من اليمين إلى اليسار) أو أن يكون مماثلة موجهة (من اليسار إلى اليمين) تستمر سمة مستمرة فيه حتى تشمل الصوت اللاحق. يمثل حالة [θɪŋk] مثالاً للمماثلة التوقعية لأن [n] قد تحولت إلى [ŋ] توقعاً للصوت [k]. يمكن توضيح المماثلة الموجهة من خلال النظر إلى علامة الجمع بعد الصوامت المجهورة: حيث تبقى /s/ في «cats» [s]، لكنها تصبح [z] في «dogs» حيث يستمر الجهر في /g/ ليشمل /s/ فتصبح [z].

النطق المشترك (تكيف نطقي)

Coarticulation

يسمى نوع آخر من التأثير الصوتي الواضح في إصدار الكلام بالنطق المشترك. والتعريف الدقيق والمحدد للنطق المشترك هو أن يتحرك عضو نطقي لإصدار فونيميين مختلفين في الوقت نفسه. ويختلف هذا عن التكيف (حيث يغير عضو نطقي بمفرده حركته وفقاً للسياق) وعن المماثلة (تغير صوت حقيقي) على الرغم من الاتصال الواضح بينها. ويمكن أن ينشأ عن النطق المشترك اختلاط السمات الموجودة في التشابه. لكنه يمكن للنطق المشترك أن يحدث من دون أي تغير في الصوت. ومن أمثلة النطق المشترك ما يحدث عندما يقول متكلم شفتيه في [tu] وهو يقول «two» [tu] في

الوقت الذي لا يزال فيه اللسان نشطاً في إصدار [u]. وتجربة بسيطة سوف تثبت لك أنه من الممكن قول «awo» بأسبقية شفتين مدورتين إلى حد كبير، كما أنه من الممكن تماماً قول «awo» بقليل من تلوير الشفتين أو من دونه أثناء إصدار [u]. وقد أكدت الدراسات السمعية، والحركية ودراسة تخطيط العضل الكهربائي وجود النطق المشترك. وقد اكتشف كوزنهيفتيكوف Kozhenikov و «كستوفيتش» من الاتحاد السوفيتي، أنه يمكن لتلوير الشفتين من أجل [u] أن يبدأ في بداية مقطع حوالب من (صامت - صامت - صائت)؛ (bcv) إن لم تكن هناك حركة أخرى منافسة له. واقترح أوهمان «Ohman» السويدي من دليل الطيف الصوتي أن اللسان يتحرك من شكل صائت إلى شكل صائت آخر، وتقرن سمات الأصوات الصامتة على تلك الأشكال وتختلط السمات مع سمات الصوائت مع مرور الزمن؛ وهكذا يحدث النطق المشترك. وتؤكد الدراسات القائمة على الصور الشعاعية وجود النطق المشترك أيضاً، حيث يورد بيركل (Perkel) أمثلة أحدها النطق المشترك الحاصل في حركات الفك السفلي واللسان في نطق صوت أنفي وصائت كما في «na» [na]. فلو احتوى الصوت الأنفي على حركة اللسان، كما يفعل في /v/، فإن الفك السفلي يبقى حراً كي يتحرك لإصدار /v/ في الوقت نفسه. أما لو كان /v/ هو [u] فإن على الفك السفلي أن يتنظر حتى نهاية الانسداد السني حتى يتحرك نحو الفتح اللازم لإصدار الصائت. وتتطلب أصوات الوقف، كما تعرف، ضغطاً هوائياً عالياً خلف الانسداد لا تتطلبه الأصوات الأنفية. إن انخفاض الفك السفلي المبكر قد يؤدي إلى ضياع ذلك الضغط الهوائي. ولو كان هناك عضو نطق حر في الحركة فإنه يتحرك غالباً. وقد وجد دانيكوف «Daniloff» ومول «Moul» أن الشفتين تتحركان لتحقيق التدوير اللازم لـ [u] قبل عدة أصوات قبل الصائت وقد وجدت ميل برتي وهارس اللذان وصفا نشاط العضلة الشفوية المذكور في إصدار [u]، أن تلوير الشفتين يحدث في وقت ثابت نسبياً قبل حدوث الصائت، ومن ثم يتشابه النطق مع النشاط العضلي اللازم لإصدار الصامت أو مجموعة الصوائت التي تسبقه، لكنه لا يتأثر بعدد الصوائت التي تسبقه هنا وقد لاحظ أوهمان من ملاحظته للأطياف الصوتية أن اللسان يتصرف كأنه ثلاثة أعضاء نطق مستقلة لكنها مشاركة في النطق وهي قمة اللسان ونصله وظهره. وقد أثبت بوردين «Borden» وجي «Gay»، من خلال دراسة تصويرية ملونة صحة هذه النظرية من

مادة بحث متعلقة بالحركة. إذ يواصل الجزء الحر من اللسان، مثلاً، تحقيق الانحناء للآزم لإصدار [e] خلال إصدار صوت الوقف، ولو رُفِع رأس اللسان لإصدار [a] فإن مؤخرة اللسان تنخفض في الوقت نفسه لتحقيق [e]. ولو اسخرط سطح اللسان في الإسداد اللازم لإصدار /v/ فإن مقدمة اللسان تكون قد بدأت قبل في الانخفاض. ويمكن للسان أن يشارك في النطق مع نفسه. لكنه توجد اختلافات فردية أو مميزة في أنماط النطق المشترك على أية حال.

ويكون التكيف والنطق المشترك من حركة نطقية إلى أخرى وللمع الإشار في الكلام العادي. وهو ما أسماه ليرمان، في كل من إصدار الكلام وفهمه، بـ «المعالجة المتوازية». إن الجمع بين التكيف والنطق المشترك هو الذي يجعل بث الكلام سريعاً وفعالاً مثل الرمز. ويجب عدم الخلط بين التحويرات القطعية الضرورية في البث السريع وتغير صوته، مختلف ولكنه مثير ومهم، متاصل في تنوع المتكلمين، كما هي الحال في اللهجات. وهكذا يمكن أن يكون هناك حذف [laɪbrəri] بدلاً من [laɪbreri] لي [ˈbrəri]، أو إضافات [aɪdeɪv] بدلاً من [aɪdeɪs]، أو إبدال في المكان أو القلب كما في [tʃɪk] بدلاً من [tʃɪk] أو [læmɪs] عوضاً عن «larynx»، وتبدلي كافة التأثيرات الصوتية للبيان أن الكلام لا يصدر كخرزات السبحة (حبات مرصوفة غير متصلة) صوت بعد آخر. نرى أن الأصوات تتشابه وتتدفق في جدول صوتي واحد دائم التغير، وأكثر من ذلك، نجده مقيداً بتغيرات وتحويرات بطيئة مفروضة عليه. وهذه التغيرات المفروضة عليه هي النظم والإيقاع وموسيقى الكلام.

Suprasegmental

السمات فوق القطعية (النظمية)

إن سمات اللغة فوق القطعية أو النظمية هي تنوعات كبرى القطع المنفردة. فهي توضع أو تفرض على كلمة، أو عبارة، أو جملة. إن السمات فوق القطعية التي سنناقشها هي النبر، والتنغم والفترة، والوصل. لقد اعتبرنا الفونيمات أجزاء للكلام. لكننا نعرف أن الفونيمات لا توجد على شكل وحدات منفصلة إلا في العقل. وبما أننا نعرف اللغة، فإننا نعرف أيّاً من العائلات الصوتية تنصرف على نحو مغاير للآخرى، حيث يمكن مقارنة عائلة الصوت /p/ مع عائلة الصوت /v/ في العماظ مثل «pie»

و «tie»، أما في الكلام العادي قليلاً ما توجد هذه الوحدات منفصلة. ونستخدم، أحياناً، صوتاً كلامياً مختلفاً للتعجب فنقول، «Oh»، أو عندما نسكت شخصاً ما بقولنا «Sh»، أما في الألفاظ كذلك التي في «pie» فإن الإصدار لا يتم مطلقاً بقول [p] وبعدها [ai] بسرعة. ومهما تكن سرعة [ai] بعد [p] قلن تكون أو تصح [pai] أبداً ولأننا نفهم طبيعة الفونيمات الثابتة في اللغة، فإننا نستخدم رموزاً منفصلة للدلالة عليها في الكتابة على الرغم من اندماجها في الكلام. وفي بعض الأحيان يقوم معلم حسن النية، بخطيء في حدّ الكلام تابعاً لأصوات مسجلة كالأحرف المنفصلة الموجودة على الصفحة، بمساعدة طفل يعاني من صعوبات في تعلم القراءة، ووفقاً لذلك يسأل الطفل أن يلفظ [p] وبعدها [ai]. ويقوم الطفل طوعاً وعمل نحو متوقع بإصدار [paʔai] وتكررها، ويتساءل المعلم عن مبعث إختلاف لفظ [paʔai] المتسارع من الحصول على [pai]. والجواب، طبعاً أن المتكلمين يصدرون أكثر من فونيم واحد في الوقت نفسه، لهما تنطلق الثفتان لتحرير الدفعة الهوائية يقدم اللسان ويرتفع للإصدار الإنزلاق اللازم لإصدار الصائت الثنائي [ai] يصدر هذا النطق المشترك وحدة تعرف بـ «المقطع». وتعرف الألفاظ بأنها ألفاظ أحادية المقطع كما في «bat»، «eat»، و «tea» وثنائية المقطع كما في «beyond»، «hidden» و «table»، ومتعددة المقاطع كما في «unicorn»، «statement» و «unsophisticated» التي تتألف من أكثر من مقطع واحد. وقد يحدثك الناس عن عدد المقاطع من خلال المراكز الرنينية المرتفعة في كل مقطع، أو ما يسمى بنوى المقاطع. إننا نعدّ كل نواة مقطعاً بغض النظر عما إن كانت منبورة أو غير منبورة. يوجد في المثال التالي أربعة مقاطع ذات نبرة رئيسة، ولكن هناك ثلاثة عشر مقطعاً:

«what wisdom can you find that
is greater than kindness?»

من جان جاك روسو: إميل؛ حول التربية (الثقافة) (1762).

يشكل النبر اللغوي إحدى السمات النظمية في اللغة الإنجليزية. تستخدم الإنجليزية النبر على نحو متباين: فكلمة «Pomelo»، حيث يقع النبر الرئيس فوق المقطع الأول، اسم يعني «وثيقة تعرف». أما «permit»، حيث يقع النبر الرئيس فوق المقطع الثاني، فهي فعل يعني «يسمح». يشار إلى النبر بجهود عضلية متزايدة، ومن خلال الشدة الصوتية، وطبقة الصوت، والفترة والتغير في غط التشكيلات الموجية المميزة. إشارة إشارة مركبة. يتميز المقطع المنبور عن المقطع غير المنبور بجهود نطقية أكبر. ويتزايد التردد الأساسي، عادة، في المقطع المنبور. وتنعكس التشكيلات الموجية المميزة في الصوائت المنبورة انجازات نطقية للوصول إلى أماكن الهدف بالإضافة إلى النشاط العضلي الضروري الملازم، أما في النملاذج غير المنبورة للصوائت نفسها، فتتحدد التشكيلات الموجية المميزة عادة عاكسة عدم وصول أعضاء النطق إلى أهدافها أثناء حركتها. وتكون الصوائت أطول زماناً في حال النبر وذات شدة أعلى، مسبها الأساسي الضغط الهوائي التحتججري العالي. يمكن الدلالة على النبرة بمجموعات مختلفة من هذه الدلائل. ويمكن نقل النبر للتأكيد كما في الجملة التالية:

«It's not her mother; it's her mother in law»

(تكون النبرة الأساسية عادة على المقطع الأول من mother وليس على law)

يمكن لتغيرات النبر أن تسبب اختلافات في المعنى، ففي بعض الكلمات المؤلفة من مقطعين، يؤدي نقل النبر إلى المقطع الثاني إلى قلب الأسماء إلى أفعال كما في «exact»، «digest»، «contract»، «increase» والكلمة التي أوردناها قبل «permit». أما في الكلمات المتعلدة للمقاطع، فهناك ميل إلى إبقاء النبرة الثانية للأفعال كما في «estimate»، «estimate»، بينما تفقد الأسماء النبرة الثانية [estimate]. كما أن هناك ميلاً في اللغة الإنجليزية إلى التلويح بين المقاطع المنبورة وغير المنبورة حيث تحدث المقاطع المنبورة بفواصل متظمة إلى حد ما.

تمثل السمات النغمية جسراً مباشراً للمعنى لأنها تكشف مواقف المتكلم وأحاسيسه بطرق لا يمكن للمعلومات المعتمدة على الوحدات الصوتية وحدها أن تفعلها. فعلى سبيل المثال، يمكن للنبر عندما يستخدم للتوكيد، أن يعبر عن الاحتقار بالنسبة إلى الأطفال عامة «not that child» أو كره لطفل معين «not that child». إن استخدام تغيير التردد الأساسي، الذي يعرف أو يدرك على أنه نمط التنغيم في عبارة أو جملة، مؤثر على نحو فعال في التعبير عن الاختلافات في الموقف (میزداد التردد الأساسي في الكلمات المنبورة في المثال الأنف الذكر) وعن اختلافات في المعنى أيضاً. يمكن للفظ «Today is Tuesday» من خلال تنغيم صاعد، حيث تزداد طبقة الصوت خلال «Tuesday»، أن يحول الجملة الإخبارية هذه إلى سؤال. ثبت المعلومات المنظمة مع المعلومات المعتمدة على الوحدات الصوتية في الجملة: «That's a Pretty Picture!» لكنه يمكن للسمات النغمية أن تشير إلى معان متناقضة أو متعاكسة، لأنه يمكنها أن تعبر عن إعجاب حقيقي بالصورة أو السخرية الكاملة منها. يمكن فرض نمط التنغيم هذا (التغيرات المستوعبة في التردد الأساسي) على جملة، أو عبارة أو حتى كلمة. وتتميز الإنجليزية الأمريكية عادةً بحسب تنغيم صاعد «هابط» حيث تصدر طبقة الصوت خلال القسم الأول من اللفظ وتبطل عند نهايته. وهذا النمط صحيح عادة في الجمل الإخبارية والأسئلة التي لا يمكن الإجابة عنها بنعم أو لا

Declarative sentence:

He left an hour ago.

[hɪk(ɪ)ft ʌn ɪˈaʊə ˈæɡoʊ]

جملة إخبارية: غادر منذ ساعة

Questions impossible to answer with yes/no

How do you like it here?

[haʊdʒuː laɪk ɪt ˈhiːə]

سؤال لا يمكن الإجابة عنه بنعم أو لا

Special emphasis:

Wow!

[waʊ]

توكيد خاص

ومعنى تنغيمي آخر شائع في الإنجليزية هو صعود درجة النغم عند نهاية اللفظ.
وتشير درجة النغم الصاعدة إلى سؤال إجابته بنعم أو لا. يمكن أن تشير أيضاً إلى أن
الجملة غير كاملة أيضاً.

سؤال إجابته نعم/لا
هل هي جاهزة؟

Yes/no question:
Is it ready?
(ready)

جملة غير كاملة (ناقصة) عندما أفكر فيها

Incomplete sentence:
As I think about it
(think about it)

يمكن للمتكلمين أن يستخدموا النغمة الصاعدة لـ (hold the floor) خلال
مناقشة. فلو توقف متكلم للتفكير في منتصف عبارة، ذات نغمة صاعدة، سيكون
احتمال مقاطعة من قبل مناقش آخر أقل بكثير عما لو وقع ذلك التوقف عند هبوط في
درجة النغم. تنتج درجة النغم الصاعدة أساساً عن نشاط متزايد للمعضلة الحلقية -
الدرقية حيث تقوم بحط الحبال الصوتية من أجل إصدار دذببة متسارعة. ترافق درجة
النغم الهابطة نقصان درجة الشدة عند نهاية ما يسميه ليرمان «المجموعة التنفسية»،
يرافق انخفاض الضغط التحتجري انخفاض في الشدة والتردد الأساسي، يسمى
ليرمان هذا النمط بـ «المجموعة التنفسية غير المعلمة». هناك خلاف حول إسهامات
الضغط الهوائي التحتجري النسبية ونضائل نشاط العضلة الحلقية - الدرقية في
هبوط التردد الأساسي، وعندما تصعد درجة النغم عند نهاية العبارة تكون هذه مجموعة
تنفسية غير معلمة. راجع فقرة إصدار الصوت من هذا الفصل لمعلومات أكثر حول
العلائق الموجودة بين الشدة والتردد.

يمكن للتنغيم أن يعلم تبايناً نحوياً (نهاية عبارة، سؤال ضد إخبار)، وتعبيرات
في المعنى وأن يشير إلى المواقف والأحاسيس. فغالباً ما تترافق حالات الإنفعال، بما في
ذلك بعض أنواع الغضب وحالات الحماس، بتحولات كبيرة في التنغيم؛ بينما تنصف
الحالات الهادئة وحالات الخضوع، بما في ذلك بعض أشكال الحزن، والغضب،
والسأم تغيير طبقة ضيقة في درجة التنغيم. وغالباً ما نعرف شعور الشخص
من خلال طريقة تعبيره عن مراده لغرضه أو رسالته، كما نعرفها من الرسالة نفسها.

Duration And Juncture

الفترة (الأمد) والوصل

لقد ذكرت الفترة القطعية في مناقشة الصوائت. تختلف الأصوات الكلامية في فترتها الجوهرية أو الفعلية، حيث تكون الصوائت الثنائية والصوائت الطويلة أطول من الصوائت القصيرة والصوائت غير المتحركة. وتكون الصوائت المستمرة والإحتكاكيات، وأنصاف الصوائت، طبعاً، أطول من الدفقات الهوائية لأصوات الوقف. وهناك، على أية حال، علائق أمدية (تتعلق بالفترة) تمتد فوق قطع أكبر من الوحدات (الفونيمات) حيث تكون الصوائت أطول إذا وقعت قبل الصوائت المجهورة كما في «leave» مقارنة بـ «leaf». وتكون قبل الأصوات المستمرة كما في «beave» أطول أيضاً منها عندما تقع قبل أصوات الوقف كما في «deal». وتترك القضية لبحث أعمق وأطول بشأن كون هذه العلاقة تكتسب اكتساباً أم تعلم تعلماً في اللغة الإنجليزية أم أنها وسيلة فيزيولوجية.

إن السمة فرق القطعية الأخيرة التي تتعلق بالفترة هي الوصل. تنتج اختلافات الوصل عن اختلافات في الفترة مصحوبة بتغيرات صوتية أخرى. من أمثلة الاختلاف في الوصل التشابه أو التباين بين «an aim» [ən aɪm] و «a name» [ə neɪm]. هناك إطالة صغيرة للأنفي السنخي في الحالة الأولى وربما تدخيل صوت وقف مزماري [ən:peɪm] لكنه ربما وجد في الحالة الثانية تكيف متزايد للصوت الأنفي [n] مع الصائت الثنائي اللاحق. تقدم فروق الوصل واختلافاته ضمن جهد مبذول لإنتاج صوت مركب أكثر طبيعية وللحصول على فهم أفضل لقواعد إصدار الكلام وقوانينه

الأصوات الكلامية العربية

سنحاول في هذا القسم وصف الأصوات الكلامية العربية وصفاً دقيقاً. سيقصر الوصف على وصف إمكانية النطق وطريقة النطق. يمكن تقسيم أصوات العربية، كما في سائر اللغات الأخرى إلى أصوات صائتة وأخرى صامتة. أما الأصوات الصائتة فتعرف في التراث اللغوي العربي بالحركات وتضم الفتحة المحضة (القصيرة والطويلة)، والضمّة (القصيرة والطويلة)، والكسرة المحضة (القصيرة والطويلة). سنبداً بتقسيم الأصوات الصائتة وفقاً لإمكانة النطق.

الشفوية

تضم هذه الفئة الباء والميم:
إن عضو النطق الأهم في هذه الفئة هما الشفتان حيث تلتقيان التقاء محكما تطلقان فيه لفترة وجيزة يرتفع في ضغط الهواء الفموي ويصبح أعلى من الضغط الخارجي. حيث يعبر عن طريق التجويف الإنفي في حالة الميم مرافقاً بذبذبة في الحبال الصوتية، بينما تفتح الشفتان تحت الضغط لإصدار الباء وهي مرافقة بذبذبة في الحبال الصوتية أيضاً.



الميم (مجهورة) [m]



الباء (مجهورة) [b]

٢ - الشقوية السنية

وتتضمن هذه الفتحة الفاء فقط: والفاء صوت غير مجهور في العربية. حيث ترتفع الشفة السفلى حتى تلامس تقريباً الأسنان العليا الأمامية.



الفاء (غير المجهورة) [f]

3 - الأصوات السنية

وتتضمن في العربية التاء، والذال، والظاء. حيث يرتفع ذلق اللسان ليمس الأسنان العليا الأمامية. والتاء غير مجهورة في حين أن الذال والظاء مجهورتان.



أعضاء النطق في التاء [t]، والذال [d] والظاء [z]

يشير الخط المنقطع إلى وضع مؤخرة اللسان في نطق الظاء [z]. وتسمى هذه الظاهرة بالطق الثاقوي. وتعرف بالترخيم في التراث العربي التقليدي.

4 - الأصوات السنية - اللثوية

وتتضمن هذه الفتحة التاء، الطاء، الدال، الضاد، والنون. إن أعضاء النطق الخاصة في هذه الأصوات هي فلق اللسان أو طريقة والحافة اللثوية. ويرتفع مؤخر اللسان نحو الحنك الرخو في الصوتين المرخمين: الطاء والضاد. في حين ينفلق التجويف القمي ويخرج التيار الهوائي عبر التجويف الأنفية في حالة النون. الدال والضاد مجهورتان وكذلك النون. أما التاء والطاء فهما غير مجهورتان.



الذال [z]، والتاء [t] الضاد [d] والطاء [p] النون [n]

يشير الخط المنقطع في الرسم الأوسط إلى ارتفاع مؤخر اللسان نحو الحنك الرخو بالإضافة إلى أعضاء النطق الأسلمية وهكذا نحصل على الترقيم في الضاد والطاء.

5 - الأصوات اللثوية

وتنضم هذه الفئة السين، الضاد، الزاي، الراء واللام. وأعضاء النطق الهامة في هذه الفئة من الأصوات هي طرف اللسان أو ذلقه والحافة اللثوية. السين والضاد غير مجهوران في حين أن الزاي، الراء واللام مجهورة.



السين [s]، الزاي [z] الضاد [d] الراء [r] اللام [l]

يشير الخط المنقطع في الرسم الخامس باللام بأن التيار الهوائي يخرج من أحد جانبي اللسان أو كليهما.

6 - الأصوات اللثوية - الحنكية

وتنضم هذه الفئة من الأصوات الشين والجيم. وأعضاء النطق الهامة في إصدار هذين الصوتين طرف اللسان ونهاية الحافة اللثوية. والجيم صوت وقف - احتكاكي. أي: يبدأ بشيء من التاء وينتهي بشيء من

الشين. ولذلك فإن مكان نطقه الدقيق يقع بين مكثري نطق التاء والشين. والشين غير مجهورة في حين أن الجيم مجهورة.



الجيم [ج]



الشين [ش]

7 - الأصوات الحنكية اللينة

وتتضمن هذه الفئة الكاف والحاء والغين. وأعضاء النطق الهامة في هذه الأصوات هي: مؤخر اللسان والحنك الرخو (اللين). والكاف غير مجهورة وكذلك الحاء في حين أن الغين مجهورة.



الغين [غ]



الحاء [ح]



الكاف [ك]

8 - الأصوات اللهوية

ونجد في هذه الفئة القاف فقط. وأعضاء النطق الهامة في نطق القاف ومثيلاتها في اللغات الأخرى هي مؤخر اللسان وأذن الحلق واللسان، وهي غير مجهورة.



القاف [ق]

9 - الأصوات الحلقية

ونجد في هذه الفئة الصوتية الحاء والميم.
أما أعضاء النطق الهامة في إصدارهما فهي جذران الخلق حيث يحدث تضيق
بسبب تراجع جذر اللسان وارتفاعه قليلاً في الخلق. والحاء غير مجهورة في حين أن
الميم مجهورة.



الميم [م] الحاء [ح]

10 - الأصوات الخنجرية

وتضم هذه الفئة في العربية الهاء والمهزة.
ومصدر هذين الصوتين هو الخنجرة حيث يحدث ضيق في الخنجرة مما يسبب إلى
حدوث احتكاك نسم في الحاء، بينما يخلق التوتران الصوتيان الفجوة المزمارية لفترة
وجيزة يرتفع معها الضغط الهوائي فوقها ويتمددان عن بعضهما فجأة فنسمع المهزة.
والمهزة والهاء صوتان غير مجهوران. وفي الواقع يتخذ الجهاز الصوتي عموماً - أثناء
لعظ الهاء - الشكل المطلوب للصائت اللاحق.



الهـ [هـ]، الهـ [هـ]

طريقة النطق:

هناك عدة طرق أساسية في معظم أمكنة النطق يمكن تنفيذ النطق فيها. يمكن لأعضاء النطق أن تغلق المجرى الهوائي تماماً لفترة وجيزة أو لفترة أطول نسبياً، أو يمكن أن تضيق الفراغ الذي يمر منه التيار الهوائي، أو يمكنها تحويل شكل المجرى الصوتي من خلال تقارب بعضها بعضاً. يمكن تمييز طرق النطق التالية في اللغة العربية كما في معظم اللغات الأخرى.

1 - أصوات الوقف (الانفجاريات)

تغلق بعض أعضاء النطق التيار الهوائي تماماً في نقطة ما في المجرى الصوتي وبذلك يمنع الهواء القادم من الرئتين من الخروج من الفم، وهناك إمكانيتان: الوقف الأنفي، والوقف الفمي.

الوقف الأنفي

يوقف التيار الهوائي القادم من الرئتين تماماً في التجويف الفمي، ولكن يكون الرخو منخفضاً مما يسمعُ بمرور التيار الهوائي عبر التجويف الأنفي. يسمى الصوت الصادر في هذه الحالة بالوقف الأنفي. وأصوات الوقف - الأنفية في العربية هي الميم والتون. وكلاهما مجهوران. ولذلك يمكننا أن نصف الميم بأنها صوت وقف - شفوي - أنفي مجهور. في حين يمكن وصف التون بأنها صوت وقف - شفوي - أنفي - مجهور. انظر الشكل (1) والشكل قد أمثلة عن ذلك: (مريم، ماء) و (تون، إماء)

الوقف - الفمي

يتم في هذا النمط من الأصوات إغلاق التجويف الأنفي من خلال رفع الحنك الرخو بالإضافة لإغلاق المجرى الصوتي في التجويف الفمي، وبذلك يرتفع ضغط الهواء داخل التجويف الفمي وتحصل على صوت وقف - فمي - وأصوات الوقف العمية في العربية هي: الباء، التاء، الطاء، الدال، الضاد، الكاف، القاف، والهمزة. ويمكن وصف هذه الأصوات على النحو التالي:

الباء: صوت وقف - شفوي - مجهور - كما في (باب، بدر)

التاء: صوت وقف - أسناني - لثوي - غير مجهور - كما في (تمر، تمام).

الطاء: صوت وقف - أسناني - لثوي - مرخم - غير مجهور

الدال: صوت وقف - أسناني - لثوي - مجهور

الضاد: صوت وقف - أسناني - لثوي - مرخم - مجهور

الكاف: صوت وقف - حنكي لين - غير مجهور

القاف: صوت وقف - لثوي - غير مجهور

الهمزة: صوت وقف - حنجري - غير مجهور

2 - الإحتكاكيات:

يتم في هذه الأصوات تضيق الفجوة التي يمر منها التيار الهوائي من خلال تقريب عضوي نطق من بعضها البعض وبذلك يحدث صوت احتكاكي وحتى صفيري في بعض الأصوات والأصوات الإحتكاكية في اللغة العربية هي: الفاء، التاء، الدال، الطاء، السين، الصاد، الزاي، الشين، الخاء، الفين، الحاء، العين والهاء وبعد أن تعرفنا على أمكنة نطق هذه الأصوات وطريقة نطقها يمكن إعطاءها وصفاً كاملاً على النحو التالي:

الهاء: إحتكاكي - شفوي - سني - غير مجهور كما في (فأس)، (فيل)

التاء: إحتكاكي - سني - غير مجهور - كما في (تمر)، (تمام)

الدال: إحتكاكي - سني - مجهور - كما في: (دنب)، (ذئب)

الطاء: إحتكاكي - سني - مرخم - مجهور كما في: (ظلم)، (ظن)

السين: إحتكاكي - لثوي - غير مجهور كما في: (سلوى، سليم)

الصاد: إحتكاكي - لثوي - مرخم - غير مجهور

الزاي: إحتكاكي - لثوي - مجهور

الشين: إحتكاكي - لثوي - حنكي - غير مجهور

الحاء: إحتكاكي - حنكي لين - غير مجهور

الفين: إحتكاكي - حنكي لين - مجهور

الحاء: إحتكاكي - حلقى - غير مجهور

العين: إحتكاكي - حلقى - مجهور

الهاء: إحتكاكي - حنجري - غير مجهور.

4 - أصوات الوقف - الإحتكاكية -

وكما هو واضح من التسمية - يبدأ الصوت في هذا النمط من الأصوات بصوت وقف ويتحرر الهواء المضغوط خلف الإنسداد بطريقة إحتكاكية. والصوت الوحيد في العربية هو الجهم كما في (جمال - جميل - الجنة)، ولذلك يمكن وصف الجهم بأنها صوت وقف - إحتكاكي - لثوي - مجهور. وهناك في الإنجليزية صوت وقف - إحتكاكي آخر وهو [ts] كما في كلمة Church، [tʃ] .

1 - الجانبى المجهور

يجس الهواء في نقطة على طول منتصف المجرى الصوتي، بإنسداد غير محكم بين أحد أو كلا جانبي اللسان وسقف الفم. والصوت الجانبى المجهور في العربية هو اللام كما في (ليل - لى - عمل). ويمكن وصفه بأنه صوت - لثوي - جانبى مجهور.

2 - تكرراري - مجهور

ويشج هذا الصوت عندما يخرب طرف اللسان من اللثة ويفلوقها عدة مرات على التوالي. ويتحقق ذلك في العربية عندما تكون الراء مشكلة بالسكون أو مشددة كما في (مر) و (ف)، (قرض) و (قرض)، وتسمى هذه الراء في الإنجليزية بـ (trill) كما في rrr و rrr في اللهجة الأسكتلندية. وهناك نوع آخر من الراء في العربية وهو ما

يسمى بالراء اللمسية وهي المتلوة بصاات في اللغة العربية فيسمع الصوت على صورة صرنة واحدة يقوم بها طرف اللسان على الحافة اللثوية كما في (رجم) و (مرص) و (ريح) (انظر عبدالله سويد، ١٩٨٥ ص. 67)، وتسمى هذه الراء في الإنجليزية بـ (top) كما في «letter» المنطوقة باللهجة الأمريكية - الإنجليزية.

ويمكننا تلخيص أمكنة النطق بالرسم التالي:



أمكنة النطق: (1) الشفوية، 2. شفوي - سني - 3. سني - 4. السنية اللثوية - 5. اللثوية - 6. اللثوية - الحنكية، 7. الحنكية اللينة - 8. اللهوية - 9. الحلقية - 10. الحنجرية.

- إصدار أنصاف الصوائت في العربية .

يقترِب عضو نطق من الآخر بدرجة أوسع من تلك اللازمة لإصدار الاحتكاكيات وأقل من تلك اللازمة لإصدار الصوائت النقية، هناك في اللغة العربية صوتان يمكن أن تعتبرهما أنصاف صوائت وهما: الياء، والواو.

الياء [ي]

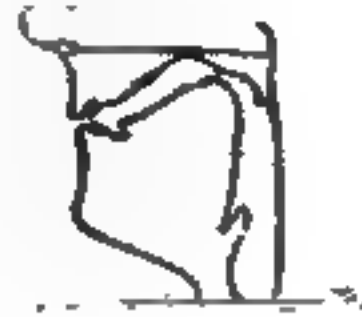
يرتفع اللسان نحو وسط الحنك الصلب، فهوي صوت حنكي، وكما ذكرنا فإن درجة ارتفاع اللسان يجب ألا تسبب في حدوث احتكاك يسمع البتة، ولذلك يمكن وصفه بأنه صوت نصف - صاات - لثوي - مجهور.

الباء [ب]



الواو [و]

يرتفع مؤخر اللسان نحو نهاية الحنك الصلب، وتتدور الشفتان أثناء نطقه ولذلك يمكن وصفه بأنه شفوي بنهاية الحنك - مجهور - وأمثلة عن ذلك (حوض) (وضيع) (صوت).



الواو [و]

إصدار الصوائت العربية

في إصدار الصوائت، لا يقترب أي من أعضاء النطق من الآخر بدرجة كبيرة. حيث يبقى مجرى التيار الهوائي مفتوحاً نسبياً حيث يمر الهواء الخارج من الرئتين عبر الفم فالشفتان بدون عاقبة كبيرة.

توصف الصوائت وفق ثلاثة عوامل: ارتفاع جسم اللسان، الموقع الأمامي - الخلفي للسان، ودرجة تدور الشفتان. وصوائت العربية كالإنجليزية مجهورة تماماً. هناك في العربية ثلاثة صوائت قصيرة وتعرف بالحركات: الكسرة (القصيرة والطويلة)، الفتحة (القصيرة والطويلة) والضممة (القصيرة والطويلة).

1 - الكسرة القصيرة [ا] والطويلة [آ]

لإصدار هذا الصائت يرتفع جسم اللسان نحو الأعلى والأمام وتكون أعلى

نقطة فيه مقابل الحك الصلب. أما شكل الشفتان فيكون مخرجاً نسيماً، ولذلك يمكن وصف هذا الصائت بأنه أمامي - مرتفع - ضيق (شكل الشفتان) كما في (كُتِبَ) و (ضُرِبَ). وإذا مِزَّ أطيلت الكسرة حصلنا على ما يعرف بياء المد كما في (جامعتي) و (كتابي).



الكسرة [a] وكذلك بياء المد [aa]

2 - الفتحة المحضة (القصيرة والطويلة).

لنطق هذا الصائت يكون المجرى الصوتي مفتوحاً، وتكون الشفتان مفتوحتين أيضاً، وينتدفع اللسان نحو الأمام وتكون أعلى نقطة فيه أقرب إلى قاع الفم منها باتجاه الحنك الصلب. ولذلك يمكن وصفه بأنه صائت أمامي - منخفض - واسع (شكل الشفتان). وأمثلة هن ذلك (كُتِبَ) و (قُرَأَ). أما إذا أطيل هذا الصائت فنحصل على ما يعرف بالالف كما في (كاتب) و (قارئ).



الفتحة [a] والالف [aa]

وقد ترجع أعلى نقطة في اللسان نحو الخلف بدلاً من الأمام تحت تأثير الأصوات اللهوية أو المفخمة كما في فتحة (ضرب) واللف (طار).

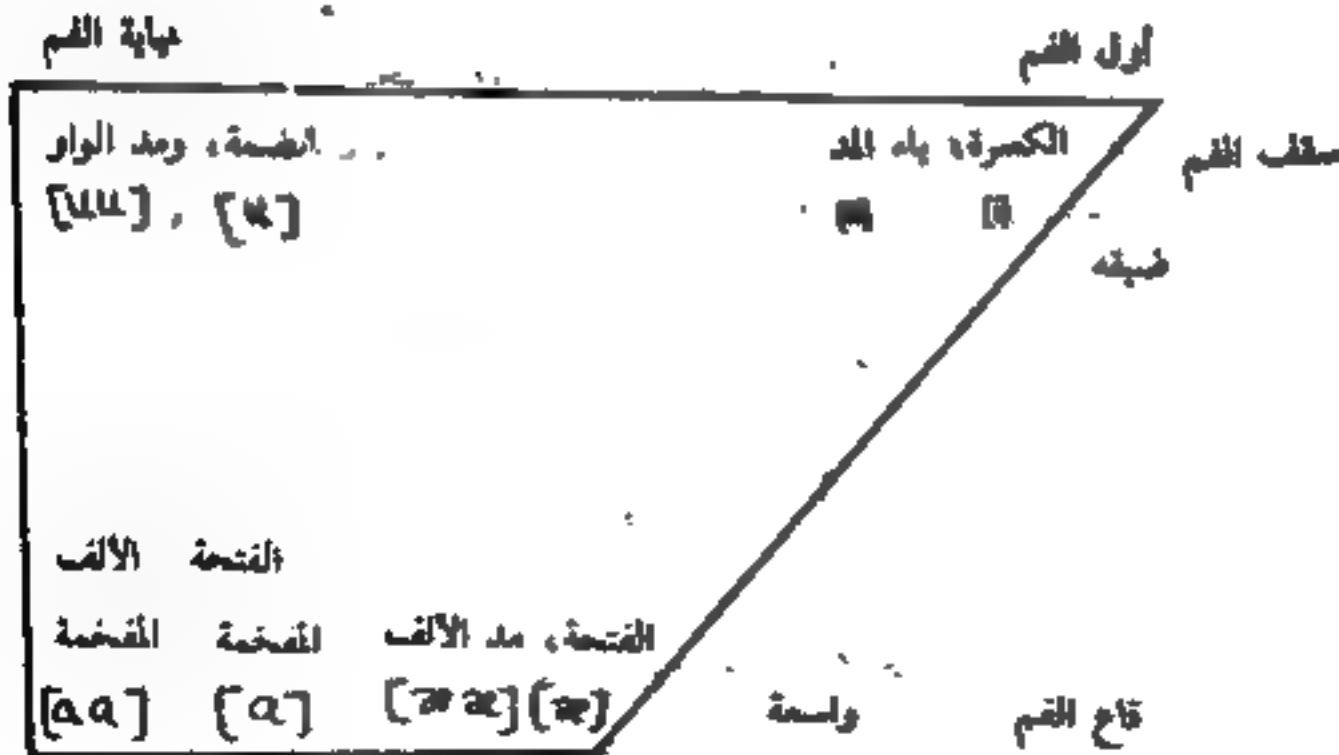
2 - الضمة المحضة (النصيرة والطويلة)

لنعلق هنا الصائت تطور الشفتان، ويرتفع جسم اللسان نحو الأعلى، وتكون أعلى نقطة فيه في مؤخرة الفم وقرية من نهاية الحنك الصلب ونهاية الحنك الرخو (اللين) ولذلك يمكن وصفه بأنه صائت خلفي - مرتفع - مدور (الشفتان).



و [au] و (واو المد) [ma].

يمكن تلخيص أمكنة نطقه الصوائت العربية بالرسم التالي:



آليات التغذية الراجعة في الكلام.

Feed back mechanisms In Speech

يهتم علماء الكلام بكيفية تحكم المتكلم بإصدار الكلام، وإلى أي حد يراقب المتكلم أعماله، وإلى أي حد، وتحت أية ظروف، يمكنه أن يصدر كلاماً ذا معلومات قليلة أو من دون معلومات، أو كيف يقوم بمواصلة إصدار الكلام؟. إن القرن العشرين هو عصر السبرانية (علم الضبط). وهو عالم الآلات «الأتوماتيكية». وقد نعت هذا المصطلح نوربرت فينر (Norbert Wiener) عن الكلمة اليونانية التي تعني موجه الدفة أو مديرها في السفينة مشيراً إلى دراسة الأنظمة التي يسيطر عليها تنفيذها الحقيقي وليس تنفيذها المتوقع. يمثل التيرموميتر الذي يقوم بإطفاء العرن عندما تصل درجة الحرارة إلى الحرارة المطلوبة مثالاً للآلة المؤازرة، وهو مصطلح هندسي يشير إلى الآلات التي تضبط نفسها. كانت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية مهتمة، خلال الحرب العالمية الثانية، بتطوير مدافع مضادة للطائرات يمكنها أن تتعقب (تقتفي أثر) الطائرات المعادية من خلال توقع موقعها المستقبلي بناءً على معلومات حول تغيرات الموقع تزود بها الآلة ثانية. أما حاسوب اليوم فإنه معدّ لأن ينفذ بعض الحسابات المعينة معتمداً على نتائج حسابات سابقة.

في الآليات المؤازرة يُغذى خرج الآلة إلى نقطة معينة في الآلة حيث تضبط معلومات التغذية الراجعة المخرج الناتج أو التالي. وتكون التغذية الراجعة سلبية عندما تغذي الأخطاء ثانية للحفاظ على نشاط ما في حدود معينة. وتكون التغذية الراجعة إيجابية عندما تخدم المعلومات المغذية ثانية في إيجاد المزيد من النشاط نفسه. وتوصف الأنظمة التي تعمل تحت ضبط التغذية الراجعة بأنها أنظمة الحلقة المغلقة. يقارن الشكل (4.87) بين أنظمة الحلقة المغلقة وأنظمة الحلقة المفتوحة في الآلات والأعضاء البيولوجية. والفارق بينهما أن المخرج مبرمج مقدماً في أنظمة الحلقة المفتوحة، بينما يغذي نتاج النظام ثانية في أنظمة الحلقة المغلقة كي يتماثل أو يتشابه مع البرنامج. وإن وجد هناك اختلاف بين البرنامج والأداء أو النتاج، تحري التعديلات المطلوبة لتصليح الخطأ.

أنظمة الحلقة المغلقة

حرج → محرك → مضخم → دخل

تغذية الخطأ

الجهاز العصبي المركزي
النشاط الحركي
التغذية الإرجاعية
الأحاسيس

أنظمة الحلقة المفتوحة

الآلات :

الحرج → محرك → مضخم → الدخل

الأعضاء البيولوجية

الجهاز العصبي المركزي
النشاط الحركي
الأحاسيس

الشكل 4.97: مخطط يوتي يلفون ضبط أنظمة الحلقة المفتوحة وأنظمة الحلقة المغلقة في الآلات والأعضاء البيولوجية.

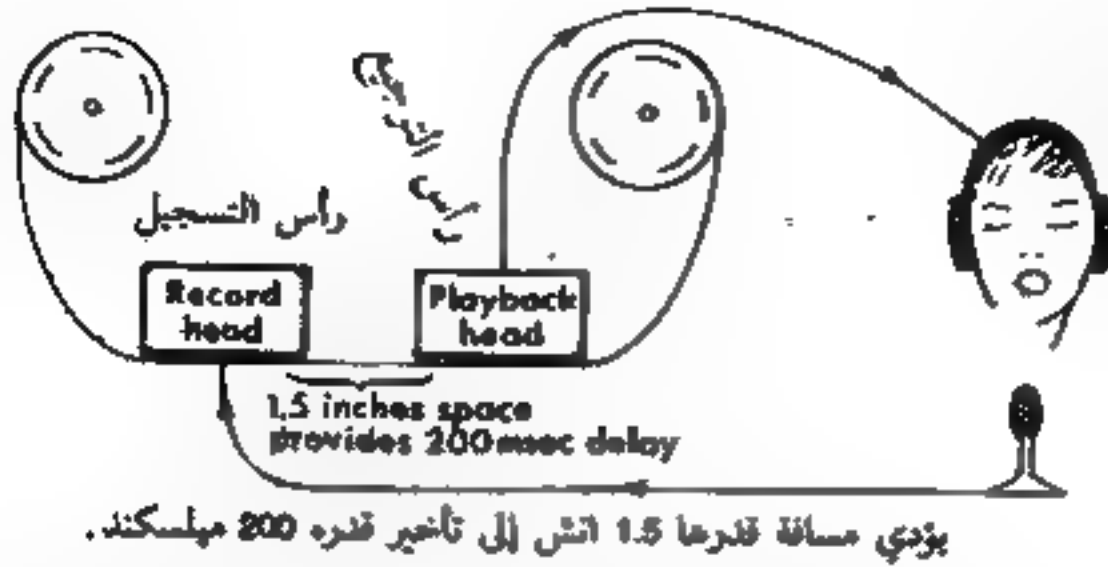
يتطلب إصدار الكلام الاستحفاق المنسق والفوري للآليات التنفسية، والصوتية والنطقية، وذلك نشاط معقد جداً ويصبح وجود شكل ما من أشكال ضبط التغذية الإرجاعية أمراً معقولاً. وهناك، على الأقل، أربعة أنواع من المعلومات المتوفرة للمتكلم يمكنه استخدامها في ضبط التغذية الإرجاعية وهي: التغذية السمعية، والموضعية، والتقبلية الذاتية وتغذية الجهاز العصبي المركزي الإرجاعية.

التغذية الإرجاعية السمعية

Auditory Feed back -

تم التسيه عن الإهتمام بدور آلات التغذية الإرجاعية في ضبط الكلام من خلال اكتشاف حدث مصادفة على يد مهندس من نيوجرسي يدعى برنارد لي Benard «Lee» عام 1950. فبينما كان يسجل صوته على آلة تسجيل صوتية، لاحظ، في بعض الظروف، أنه يمكن للتغذية الإرجاعية السمعية لصوته نفسه أن تجعله متعثراً Dysfluent. ففي آلة التسجيل العادية، يتبق رأس التسجيل، على نحو عادي، رأس الترجيع كما هو واضح في الشكل (4.98). فلو استمع مستمع إلى كلامه المسجل من قبل عبر سماعات رأسية متصلة برأس الترجيع الذي يقوم هو نفسه بتأخير وحيز، لأصبح الكلام العادي شاذاً في أغلب الأحيان، وتكرر المقاطع، ويطول الجهر.

نظم التغذية الراجعة السمعية المؤجلة
DELAYED AUDITORY FEEDBACK



يؤدي مسافة قدرها 1.5 إنش إلى تأخير قدره 200 ميليكند.

الشكل 4.99: تأثير التغذية الراجعة السمعية المؤجلة. يسجل متكلم صوته نفسه بينما يستمع إلى التسجيل بوقت مؤجل من خلال مراقبة رأس الترجيع في المسجل. وتؤدي مسافة 1.5 إنشاً إلى تأخير قدره 200 ميليكند بسرعة شريط قدرها 7.5 إنشاً في الثانية. يؤدي هذا التأجيل إلى تشوش كلامي أعظمي عند الكلام.

وقد أثار تأثير التغذية الراجعة السمعية المؤجلة هذه عاصفة من الحماس ومهناً من الدراسات في الخمسينيات. وقد قُدر تأثير التغذية الراجعة المؤجلة من قبل العديد على أنه دليل على أن الكلام يعمل كآلية مؤازرة تمثل فيها التغذية السمعية الراجعة قناة الضبط الرئيسة. وقد تمحى هذه النظرية بعض الذين لاحظوا أنه يمكن لبعض المتكلمين متابعة الكلام بطلاقة تحت وطأة تأثير التغذية السمعية الراجعة المؤجلة من خلال التركيز على الصفحة المكتوبة وتجاهل الإشارة السمعية. ولن تكون فترات تصحيح الأخطاء، عندما تقع، والتي تحدث على شكل وقفات، متعلقة خطأً بحجم الوقت المؤجل، ولن يكون تأثير التغذية الراجعة المؤجلة مشوشاً إلا في ظروف الشدة العالية. وتفسير بديل لتأثير التغذية السمعية الراجعة المؤجلة هو اعتبارها نتيجة إيجار الإتيلاء (شله) لمعلومات التغذية الراجعة السمعية التي

تتعارض مع المعلومات المستقبلية من الحركة التطبيقية. إنها حالة تقول فيها عضلاتك «نعم»، لقد قلت شيئاً ما، أما أذنك فتقول «لا».

هناك طرق عديدة للتدخل في التغذية السمعية الإرجاعية غير تأجيلها. وعلى الجملة، يقوم المتكلم بجعل كل تشوه أمراً عالياً. فلو كان الصوت الناتج عن الهواء مصحفاً لقلل المتكلمون الشدة الصوتية، أما إن كان واهناً، فإنهم يزيدون الشدة إما أن لم يتمكنوا من سماع أنفسهم مطلقاً، فإنهم يزيدون الشدة (تأثير لومبارد) ويطلقون الجهر كما تعرف أنت إن كنت قد حاولت التكلم مع شخص يجلس تحت مخفٍ للشعر. حتى أنه لتصفية مناطق التردد في الكلام بعض التأثير في السمات الرنينية للكلام المنتج. وقد وجد جاربر (Garber) أنه لو استمع المتكلمون إلى كلامهم هم أنفسهم عبر مصفاة ذات ترددات منخفضة، فإنهم سيستجيبون لذلك بتقليل الرنين الأفقي المنخفض، ويرفعون التردد الأساسي، ويزيدون الفهم أو الإيضاح. وتفسير ذلك أنه من المعتقد أن المتكلمين يحاولون إعادة معلومات التردد العالي المفقودة.

وتوضح هذه التأثيرات أن السمع يعمل برصمه نظام تعدية إرجاعية في ضبط الكلام، لكنها تفشل في الإجابة عن مسألة ما إن كانت التغذية الإرجاعية مهمة للغاية عند المتكلم الماهر. وإن كانت الحال كذلك، فهل نستخدم باستمرار أم أنها تستخدم في حالات الكلام الصعبة فحسب. ويعاني الذين يصابون بالصمم المرحلي تأثراً صغيراً فورياً متعلقاً بفهمهم لكلامهم، وبعد مدة من حصول الصمم تتدهور بعض الأصوات، على نحو ملحوظ (8). ورغم وجود الدليل على أن المتكلمين يحاولون التعويض عن التشوش في التغذية الإرجاعية، لكن السمع يمكن ألا يفيد، على نحو مؤثر وفعال بوصفه آلية تغذية إرجاعية في مراقبة النطق الخارج الخلق لأن السمع لا يزود المتكلم بالمعلومات الضرورية عن الأصوات العابرة (القصيرة للغاية) إلا لاحقاً، ومن ثم يكون المتكلم قد تكلم ولا يمكنه القيام بالتصحيحات الضرورية إلا بعد وقوع الأصوات. يستخدم المتكلمون السمع، على أية حال، لشحذ أهداف أصواتهم الكلامية، أما إن كانوا يستمعون إلى أنفسهم، فإنهم يستخدمونه لالتقاط أخطائهم.

أثناء إصدار الكلام، تلمس الشفة السفلى الشفة العليا، ويلمس رأس اللسان أو يصد الحافة السفلية من الخنك القاسي، ويلمس أطراف اللسان الجاسية الأصراس، وتلمس اللهاة جدران البلعوم، وترتطم اختلاطات الهواء الصعطية بجدران المريء البصري، وتحدث العديد من الإمكانيات الأخرى لإحساسات اللمس. تصمم الإحساسات الموضعية الإحساس باللمسة الخفيفة التي تتوسطها النهايات العصبية الحرة للألياف الحسية المتواضعة قرب سطح أعضاء السطح، والإحساس بالضغط الأعظم الذي تتوسطه أجسام عصبية مركبة تكون بعيدة عن السطح. فعندما تثار مستقبلات الحس تجمع الخلايا العصبية المخاورة من لتصرف مما يساعد على تحديد الإحساس وشحنه. والشفتان والحافة السححية، وقسم اللسان الداخلي مرودة جميعاً بمستقبلات حس سطحية تستجيب لللمسة الخفيفة. ويحتوي سطح اللسان المحدث على كثير من الألياف الحسية التي تفوق في تعدادها أي عدد آخر في أي جزء آخر من جسم الإنسان. وبالإضافة لاستجاباتها لحاسة اللمس تستجيب بعض هذه المستقبلات لإحساسات الذوق، والحرارة والألم.

وثمة طريقة لقياس الإحساس الموضعي هي أن يكتشف المرء نقطتين متميزتين بواسطة جهاز يسمى بحس اللمس* أو مقياس حساسية اللمس. يمكن للمرء أن يحس بنقطتين منفصلتين عند قمة رأس اللسان إن امتدت الأولى عن الثانية مجرد 1 إلى 2 ملم. أما إن تراجعا إلى مؤخرة اللسان أو حوايه، فإنه يجب، عندئذ، أن تبلغ المسافة التي تفصل النقطة الأولى عن الثانية مستمراً واحداً حتى يمكن التمييز بينهما إن مستقبلات الحس أكثر في سطح اللسان العلوي منها في سطحه السفلي وهي أكثر أيضاً في منطقة الحافة السححية من الخنك القاس منها في القسم الخلفي من الخنك. إن نشي الإحساس الموضعي من قسم اللسان الداخلي يثبت عبر الألياف الحسية في المرع اللساني من العصب الثالث - النواتم. ويث العصب الثالث النواتم أيضاً بصلة من مستقبلات الحس في الشفتين والخنك. ويحمل العصب البلعومي - الثاني المعلومات الحسية من ثلث اللسان الأخير، ويعتقد أن بعض الألياف الحسية من العصب اللساني جهاز يستعمل ليمس حساسية اللمس عن طريق تعيين المسافة التي يجب أن تفصل بين نقطتين مصعوطتين على الخلد للإحساس بهما كنقطتين منفصلتين

تنجح مع العصب الحركي إلى اللسان؛ العصب التحتلثاني (العصب الثاني عشر)

وثمة طريقة أخرى في تقدير الإحساس الموضعي في الفم هي اختبار حسّ اللمس العميق من خلال وضع أشكال في فم الخاضعين للتجربة من أجل التعرف عليها أو تغييرها. وقد وجد أن القدرة على تحديد الأشكال من خلال تحسسها باللسان والحك وبسبب الإشارة إلى الصور المناسبة، ذات علاقة ضئيلة جداً أو لا تذكر بالقدرة الكلامية، على الرغم من اكتشاف رينجل «Ringel» من جامعة بورديو، علاقة ما قائمة بين تمييز الشكل (أي الحكم على شيئين بكونهما متشابهين أو مختلفين) والقدرة على نطق الأصوات الكلامية بطلاقة عادية

كانت هناك محاولات عديدة لتحديد أهمية اللمس في الكلام من خلال التدخل في التعذية الإرجاعية الموضعية العادية والظفر إلى تأثيرات التدخل في الكلام. وقد استطاع علماء الكلام، من خلال استخدام الوسائل التي يستعملها أطباء الأسنان نفسها، إيقاف النبضات العصبية في منطقة الفم من خلال تحديد فروع مختلفة من العصب الثالث التوائم، من ثم حرمان المتكلم من التعذية الإرجاعية الموضعية. وبما أن ما ينتج عن مثل حالات الإيقاف العصبي هذه نطق مشوّذ للكلام وخاصة الصوت /s/، ولكن الكلام يبقى، على الجملة، مفهومًا بدرجة عالية. وعلى الرغم من تقليل حساسية اللمس القمية المميزة بنقطتين إلى حد ملحوظ، فإن من يخضع للتجربة، يستطيع، مع ذلك، تحريك لسانه في كافة الاتجاهات وتحسس موقعه. وعندما يضاف التقيع السهمي إلى الإيقاف العصبي لا تحدث زيادة هامة في الأخطاء البطئية. وقد قدمت نظريات كثيرة لتفسير التشوّه الكلامي: من النظرية الحسية الثانوية (حيث يمتدح إلى التعذية الإرجاعية الحسية لدقة النطق) إلى النظرية الحسية المركزية (تحدث إعادة تنظيم عامة في النشاط الحركي نتيجة لفقدان الحسي) والنظرية الحركية الثانوية (التي تعتمد على دليل من التأثيرات في الحركة بالإضافة إلى العصبونات الحسية) والنظرية الحركية المركزية (بعد أن يدخل المحلر الدم، فإنه يحدث تأثيراً حركياً صغيراً مثل كلام الإنسان السكران) وبسبب صعوبة ضبط المتغيرات الموروثة في تقنيات الإيقاف العصبي لما تمتح هذه النظريات على نحو مناسب بعد.

يمكن اعتداد السمع واللمس نظامي تغذية إرجاعية خارجيين لأن الإشارات تحدث أو تنشأ بوصفها نتائج لحواث حركية. ويتبع عن الإنتباضات العصبية الضرورية للكلام حركات في الهواء وأعضاء النطق تثير هي نفسها مستقبلات الحس الموضعية في منطقة الفم. ويتبع عنها أيضاً موجات صوتية يمكن للمستمع سماعها. تنشأ هذه المعلومات بوصفها نتيجة للنشاط العضلي لكنها لا تحتوي على تغذية إرجاعية مباشرة من النشاط العضلي نفسه. إن التغذية الإرجاعية المباشرة من العضلات هي أسرع من التغذية الإرجاعية الخارجية وهي جزء من إحساس الحركة والموقع يدعى الإستقبال الذاتي.

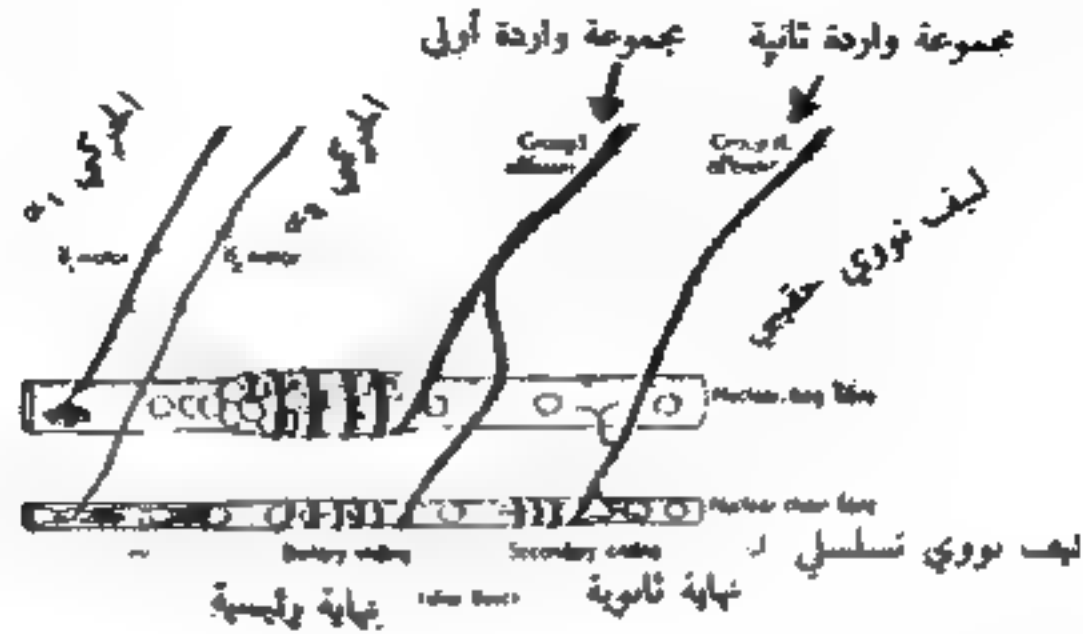
Proprioceptive Feed back

التغذية الإرجاعية الذاتية

مير تشارلز بيل ، Charles Bell ، في عقود القرن التاسع عشر الأولى اللمس عن الإحساس العضلي الذي أسماه الإحساس بالحركة. وبعد ذلك، وفي القرن نفسه، وسّع باستيان «Bastian» تحديد الإحساس بالحركة ليضم إحساساً مركباً من الحركة مشطاً من مستقبلات الحس في المفاصل، والأوتار والعضلات. وقد اقترح شيرنجتون «Sherrington» مصطلح مستقبل خارجي لمستقبلات الحس الخاصة بالموضع أو الموقع، ومصطلح المستقبل الذاتي لمستقبلات الحس التي تثار بفعل الجسم نفسه الذي يعطي إحساس الحركة. تبت أجهزة الإحساس في المفاصل معلومات عن الزوايا الممطية. بينما تستجيب مستقبلات الحس في الأوتار إلى أية تقلصات في العضلات المنتصفة بها، ومن ثم تبت معلومات حول امتداد العضلات وتقليصها.

ولمستقبلات الحس الموجودة في العضلات المخطططة أهمية خاصة عند علماء وظائف أعضاء الجسم المتخصصين بالكلام. وتسمى مستقبلات الحس هذه بالعضلات المنزلية، لأنها تتشكل في أغلب الأحيان على هيئة عمك الألياف السحيلة التي يلتف منها (يخرج) الحيط في الغزل. تكون العضلات المنزلية أكثر تعقيداً في تعصيبها من الأوتار، ومستقبلات الحس الواقعة في المفاصل. فهي تمتلك عصبونات واردة وعصبونات صادرة أيضاً. والمنزليات (ألياف داخل المنزلية)، الشكل (4.99)

ألياف عضلية مقلقة تتوضع على نحو مواز للألياف العضلية الرئيسية (ألياف خارج المغزلية).



الشكل 4.99 يوضح مبسطاً الأقسام التركيبية في أسودجور في المغزليات

وعندما تثير العصبونات الواردة العصبنة الرئيسية، تثار العصبونات الواردة الصغيرة التي تزود المعرلات العضلية في الوقت نفسه وتكون العصبونات الحركية إلى العضلة الرئيسية أكبر (يبلغ قطرها من 8 - 20 مm) ولذلك تدعى عصبونات الحركية مقارنة مع العصبونات الحركية الأصغر (يبلغ قطرها من 2 - 8 مm) التي تسمى عصبونات α الحركية التي تزود الألياف المغزلية بالأعصاب من طرفها تثار العصبونات (Ia) الرئيسية الواردة. والعصبونات (Ia) الثانوية الواردة من خلال تطويل لألياف صمن المغزلية، ومعدل التعبير في الطول. وعندما تختد الألياف المغزلية استجابة للانقباض العضلي، تقوم العصبونات المغزلية الواردة بنقل معلومات حول الانقباض ثانية إلى الجهاز العصبي المركزي وتكون العصبونات الواردة الرئيسية من المغزليات من أكبر العصبونات البشرية حيث يتراوح قطرها من 12 - 20 مm، وتنت نضات عصبية تصل إلى 120 متراً في الثانية. إن السرعة التي تنقل بها المعرلات معلومات التغذية الإرجاعية يجعلها جذابة للغاية في أن تمثل ميكانيكيات محكمة للمصط لحارج عن النشاطات الحركية السريعة بما في ذلك الكلام. وقد وجدت المعرلات في

العصلات المستعرضة، وفي كافة العضلات البلعومية، والعضلة الذقنية - اللسانية وعصلات اللسان الأساسية، ووجدت على نحو أقل في العضلات الوجهية. وهكذا نجد أن العضلات المتعلقة بإصدار الكلام مرودة على نحو جيد بالمغزليات التي يمكن توليفها لنقل معلومات التغذية الإرجاعية حول تغيرات طول العضلة.

على الرغم من معرفة الطرق العصبية بشأن معلومات العضلات المغزلية من بعض أنظمة العصلات، لكن الطريق نحو اللسان يكشفه العموض. إذ يُعتقد الآن أن العصبونات المغزلية الصاعدة عن اللسان تسير مع وجهة العصب الحركي التحتلاني (العصب الثاني عشر) وتدخل جذع الدماغ عن طريق الأعصاب الظهرية العنقية C₁₋₆ (C₆).

يمكن لنظام التغذية الإرجاعية الذاتية أن يعمل على المستويات الإرادية والمستويات اللاإرادية، فبعض الممرات تذهب إلى الخيل الشوكي، أما بعضها الآخر فيذهب أيضاً إلى القشرة اللحائية والمخيخ. وعلى الرغم من أن إحساس الشاطئ العضلي هو إحساس لا شعوري عادة، لكنه يمكن جعله شعورياً. فقد أثار جودوين، ومكلوسكي وماتبور (Goodwin, Medloskey & Malhows) مغزليات ذراع رجل بوساطة مهزاز. وطلب من الرجل أن يمد يده الأخرى كي توازي موقع الذراع الخاضعة للإثارة. فقد أخطأ الرجل في الموقع ظاناً أن عضلات يده الخاضعة للإثارة كانت أكثر امتداداً مما هي عليه بالفعل. وبعد ذلك شل الباحثون العضلات الواردة في مفصل الإصبع السبابة ورجلته للرجل الخاضع للتجربة كي يروا إمكانية تحسس المغزليات بمفردها شعورياً ومن دون أية معلومات من مستقبلات الحس الواقعة في المفصل وعندما حرك أحد الباحثين الإصبع، تمكن الرجل الخاضع للتجربة من تحسس الحركة واتجاهها، وهكذا تم التأكيد من أنه يمكن إدراك خرج المغزليات بمفردها شعورياً.

ومن الصعب جداً تحري نظام الكلام الذاتي مباشرة. وقد تم تحري نظام التغذية الإرجاعية الذاتية في الكلام على نحو غير مباشر من خلال التدخل ألياً في العلائق العادية المكانية للوصول إلى دراسة التكيف التعويضي. فقد حاول بعضهم التكلم، وهم يعصبون على كتل بين أسنانهم تتدخل في حركة رفع الفك العادية، وكذلك بصفائح معدنية تفتح على نحو غير متوقع بين الشفتين متدحلة بذلك في الإغلاق

الشعوي، أو إضافة عضو صناعي جنكي في القم مفضلاً بذلك عرض الحافة السنجية. وهناك الكثير مما يمكن تعلمه بشأن طبيعة التعويضات التي يقوم بها المتكلم استجابة لهذه التعويضات الآلية.

أما في هذا الوقت، فإنه من غير الواضح ما معلومات التغذية الراجعة السمعية والموضعية أو الذاتية أم أن تجمعاً ما من هذه المعلومات مجتمعة هو المسؤول عن تنفيذ التعويضات الملحوظة وتوجيهها.

وقد قامت محاولتان مثيرتان لإيقاف عصبونات غلما الحركية في العضلات الكلامية مباشرة. فقد شل كرتشلوف وفون إيلير (Critchlow & Von Euler) ألياف غلما الواصلة إلى العضلات الخارجية الواقعة بين الأصابع حيث توقفت ألياف (la) عن الإطلاق أثناء الشهيق وقيت تطلق أثناء الزفير فحسب بسبب الإمتداد المعاكس للعضلات المتخصصة بالشهيق، ولم يكن لذلك أي تأثير في الكلام، ولكنه أشار إلى أن عصبونات ألفا وعصبونات غلما تثار مجتمعة لأن عصبونات المعزليات الواردة هي نشطة، عادة، بسبب العضلات الشهيقية أثناء الشهيق. ولو انطوت التحربة على شل للعضلات الواقعة بين الأصابع الأصعب وصولاً وتعاملاً، لكان لأي تأثير هالك في الكلام أن يصبح أكثر وضوحاً.

وفي دراسة أخرى حاول أبس (Abbs) أن يوقف عصبونات غلما الحركية الواصلة إلى العضلات الفكية انتقائياً من خلال إيقاف الفرع المكبي من العصب المثلث التوائم من كلا الطرفين، وهكذا أوقفت الألياف الكبيرة (عصبونات ألفا الحركية الواصلة إلى الألياف العضلية الرئيسية والعصبونات الواردة من مستقبلات الحس الموضعية والذاتية) والألياف الصغيرة (عصبونات غلما الحركية والعصبونات الواردة المسؤولة عن الألم ودرجة الحرارة). وبما أن الألياف الكبيرة تستعيد نشاطها قبل الألياف الصغيرة، فقد اعتقد أنه عندما تستعيد العضلة قوتها وحماة لمسها إلى درجتها العادية، وتبقى أحاسيس الألم والحرارة معطلة، يكون التزويد الحركي للمعزليات هتدث متوقفاً. تحت هذه الظروف، حرك من كان يخضع للتجربة الفك بسرعة أقل وتزايد ضئيل عندما طلب منه تجميع الصوت لكنه لم يكن هناك أية تأثيرات واضحة متعلقة بظلمهم والإدراك في الكلام على أية حال.

إن دراسات التغذية الذاتية المباشرة ممكنة على الحيوانات. وتقتصر الدراسات

الحديثة على القرحة، التي أوقعت مصيبتاته الواردة على نحو ثنائي من عضلات الأصابع أو عضلات الفك، أنه يمكن القيام بالحركات المطلوبة دون الإحساس الجسدي أو الإحساس بالرؤية من جانب العضلات الخاضعة للتجربة. والحاجة عامة لمزيد من الدراسات للتأكد مما إن كانت التعديلات الحركية الصغيرة كاملة على الرغم من إيقاف المصبونات الواردة. لقد حفظت الأنماط الحركية الكبيرة المتعلمة جيداً على الحملة، لكنّ المقدرة على التكيف لتغير غير متوقع تحتاج لمزيد من البحث والاستقصاء، كما تحتاج تلك المقدرة إلى تعلم أنماط حركية جديدة.

Internal Feed back

التغذية لإرجاعية الداخلية

بناء على الارتباطات العصبية المعقدة بين المناطق الحركية في القشرة اللحائية، والمخيخ والمهاد، اقترح علماء الجراحة العصبية أن ضبط أنماط الحركة الماهرة، كما يحدث في حرف البيانو أو أثناء الكلام، يمكن أن يعمل وفق نظام تغذية إرجاعية يقع ضمن النظام العصبي المركزي. ويمكن إثارة الأنماط المكتسبة تحت سيطرة دماغية لعمل الدماغ الأوسط بالاتصال مع الشريط الحركي في الدماغ. والتغذية الإرجاعية الداخلية هي نقل معلومات عن الأوامر الحركية قبل الإستجابة الحركية نفسها، ومن ثم يمكن للمعلومات أن تعود إلى المخيخ من القشرة اللحائية إن أرسلت المصبونات الحركية كما هو مطلوب قبل الإستجابة العضلية بوقت كافٍ. ولا يوجد هناك، حتى الآن، أي دليل على وجود التغذية الإرجاعية رغم المعرفة التامة بأن المخ والمهاد ينشطان قبل مائة مئيليسكند من الحركة؛ لكنه لا يمكن ربط هذه الشحنة مباشرة بأية حلقة إرجاعية محددة ضمن التقنيات الحالية.

وفي الختام، هناك عدة أنواع من التغذية الإرجاعية موجودة عند التكلم (الشكل 4.100): هناك أنظمة التغذية الإرجاعية المركزية في الجهاز العصبي المركزي التي تتطور نظرياً بسرعة وهي قادرة على التنبؤ؛ وتغذية إرجاعية رغبة المستوى تختص بالأوامر الحركية المستهلكة، وأنظمة التغذية الإرجاعية الذاتية الإستجابية السريعة القادرة على الحركة، والتغذية المكانية من أجل الضبط الدقيق اللازم في الأعمال الحركية الماهرة، والتغذية الإرجاعية الخارجية الأبطأ والمختصة بنتائج الأعمال الحركية،

البحوث المتقدمة حول آليات التغذية الراجعة

Developmental Research on Feed back mechanisms.

ربما كانت درجة اعتماد المراهقين والكبار على أنظمة الضبط مختلفة تماماً عن درجة استخدام الرضع والأطفال لأنظمة التغذية الراجعة عندما يتعلمون الكلام ولا يوجد شخص يعرف الصعوبة التي يواجهها الأصم في تعلم الكلام يمكن أن يشك في أهمية مقارنة التكلم اللفظي أو المتطور حرج سمعه نفسه بكلام الجماعة التي يعيش فيها. وقد وجدت دراسات كثيرة، بشأن نظام التغذية الراجعة السمعية الموجبة مع الأطفال، أنهم أقل تأثراً بالتغذية الراجعة المشوه للوقت من الأطفال الأكبر سناً والكبار. وقد أظهرت الدراسات التي قام بها ماكي (Mackay) أن الأطفال الأصغر سناً يتأثرون كثيراً بتأخير مختلف عن الكبار 500 ميليسكند للأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 4 - 6 سنوات و 375 ميليسكند للذين تتراوح أعمارهم من 7 - 9 سنوات، مقارنة مع فارق يبلغ 200 ميليسكند عند الكبار، حيث يجعل تأثير التغذية الراجعة اللفظية الرضع يقصرون - بدلاً من أن يطولوا - فترة الصوت. وعندما يستمعون إلى أصواتهم المضخمة. وتعاد إليهم في الوقت نفسه فإن تخفيضهم للشدة الصوتية أقل من تخفيض الأطفال الأكبر سناً. وتظهر تجارب التدخل عن طريق اللمس من خلال تقنية وقف العصب عند الأطفال الآثار المحدودة نفسها في الكلام كما هي الحال في الدراسات التي أجريت على الكبار.

إن الاتحاد الأهم في تعلم سمات الكلام المنسقة ربما كان الاتحاد بين السمع والتغذية الذاتية. وإن معلومات التغذية الذاتية متواصلة خلال تغيرات طول العضلات، ولا يحتاج الطفل إلى أن ينتظر نتيجة الحركة كي يحس أو يشعر بالنمط الإيمائي. تقوم العصبونات الواردة من مستقبلات الحس الموضعية بتغذية المعلومات ثانية بسرعة أكبر. ويمكن، عندئذ، ربط الإحساس بالحركة ستأخره السمعية والموضعية، ويمكن مقارنة الإحساس كاملاً بالنمط الصوتي المراد (الذي قصد) وهكذا يقوم طفل يحاول إتمام نطقه لكلمة (ball) بمحاولة لعظها، معتمداً على ما تعلمه من المحاولات السابقة، متحسناً حركة المجرى الصوتي وأمكنته التي ربطها بسرعة

تتأخر الموضعية والسمعية، ويفارق صوته مصوب الإنسان الكسر في نطقه (ba) حيث يشكّن هذا الأخير خطأ قد غرّنه الطفل في دماغه. ومن الصعب جداً احتار أهمية التغذية الداتية. لا يشكل التنجيع السمعى أو الموضعى عاملاً فعالاً في نشوئه نكلام عده احتار المفردات اللغوية التي يعرفها الطفل مقدماً. ويجب أن تركز الدراسات المستقبلية على تأثيرات التدخل في قوات التغذية الإرحاعية عندما ينوء الذين يحصمون للتحركة، أظلاماً وكباراً، تتعلم أنماط كلامية جديدة.

Models of Speech Production

نماذج إصدار الكلام

عندما نفهم شيئاً ما جزئياً، فإننا نقوم، أحياناً، بصنع نموذج عنه. والنموذج هو تبسيط النظام الذي نمثله. إنه ينشأ عادة لاختبار مظهر معين من ذلك النظام. ومن خلال اختبار النموذج تحت ظروف مختلفة، كي نرى ما إن كان يتصرف مثل النظام لذي نحاول فهمه، يمكننا أن نتعلم بعض الشيء بشأن النظام نفسه. يصمم الناس نماذج آلية، ورياضية، ونماذج لغات طبيعية، وحواسيب. وفي محاولة فهم أفضل لآلية السمع صمم فون بيكسي (Von Békésy) نموذجاً آلياً لمخارة الأذن. صمم الغشاء القاعدي فيه من مخطط. في سماكات مختلفة. وقد بدأ النموذج كحزان ماء يحتوي على رف مرن. ولم تكن هناك أية محاولة لجعل النموذج يشبه مخارة الأذن في شكله، ومع ذلك أدى الفرض كنموذج فون بيكسي في نظرية الوجه الساخرة في السمع. وأثناءذبذبة الترددات العالية، تصدر الموجات المتحركة في الخزان ذبذبات قصوى في الجزء النحيف من الرف المرن، أما في الذبذبات ذات الترددات المنخفضة، فإن الإزاحات الأعظمية في الغشاء كانت في القسم الأثخن عند نهاية الخزان القصوى. يمكن تأسيس نماذج حواسيب آلياً أو رياضياً. تخزن المعلومات التي تصف النظام في حاسوب. بالإضافة إلى القوانين التي يعتقد أن النظام يعمل وفقاً لها ويمكن، عندئذ، استخدام قدرات الحاسوب الحسابة السريعة في تقرير النتيجة لمثل ذلك النظام تحت ظروف مختلفة. وبمقدرة الحواسيب على رسم الجداول البيانية، يمكن رسم النموذج، كما يتوقع تفسيره ضمن ظروف مختلفة. وقد طوّر فليجان «Flanagan» من مخبرات بيل نموذجاً للجبال الصوتية مؤلفاً من قطعتين معديتين (الأحراء العليا،

والأجراء السفلى كي تعكس اختلاف الطور العمودي الذي وصف تحت عنوان إطار عمل الخنجره) ووصل بحاسوب كي يختبر فعاليته في تنبؤ عمل الخنجره الإنسانية الحقيقية.

يُعرّف عن معظم نماذج إصدار الكلام بلغة طبيعية، وليس بلغة رياضية، مؤلفة من وصف فعلي ذي جداول ورسوم بيانية، وتعريف ومجموعة قواعد وقوانين، وسنقوم هنا بوصف مقتضب لثلاثة نماذج تتمتع بتأكيد لغوي - قوي - أنموذج بيترسون وشوب (Peterson & Shoup) بشأن صفات الصوتيات السمعية والفيزيولوجية. ونظرية تشومسكي وهالي «Chomsky & Halle» بشأن السمات المميزة الثابتة. وأنموذج لبرمان «Liberman» من ترميز قواعد للقوانين حتى التحويلة السمعية. ستبج-النماذج اللغوية نماذج عدة ذات تأكيد «بيولوجي» يحاطب بعضها هدف إصدار الكلام، ويناقش بعضها الآخر مسألة التوقيت، أما القسم الأخير فيناقش مسألة استخدام التغذية الإرجاعية.

بترسون وشوب:

Peterson & Shoup
الصوتيات الفيزيولوجية
Physiological & Acoustic Phonetics
والسمعية

في عام 1968 حاول كل من جوردن بترسون وجون شوب، متخذين الأبجدية الصوتية العالمية نقطة بداية، وصف كافة أصوات اللغة المحكية، مستخدمين معلومات من الصوتيات التجريبية، والفيزيولوجية والسمعية بوصفها قاعدة صلبة للوصف. بني الأنموذج الفيزيولوجي من تسعة عشر تعريفاً أولياً، واثني عشرين محموراً، وسبعة وسبعين تعريفاً متبوعاً برسمين بيانيين صوتيين يمثل الأول ثمانية أساليب نطق وفق ثلاثة عشر مكاناً أقصياً، وثلاثة عشر مكاناً للمطلق أيضاً فيما يمثل الرسم الثاني اثني عشر متغيراً صوتياً ثانوياً. وفي النهاية تفرّ ثلاثة المتغيرات الطيفية الصوتية على نحو مفصل. وبني الأنموذج السمعي من وصف لفظي وسمعي لستة نماذج من الموجات الكلامية، وستة نماذج من المتغيرات الصوتية السمعية، وثلاثة متغيرات من المتغيرات السمعية التنظيمية، وفي النهاية يصل المؤلفان الصوتيات السمعية

بالصوتيات الفيزيولوجية من خلال مناقشة التحويلة الممكنة من السمات السمعية إلى السمات الفيزيولوجية في الكلام.

تشومسكي وهالي: السمات المميزة

Chomsky & Halle Distinctive Features

قدم رومان ياكسون «Roman Jakobson» وجانر فانت «Gunnar Fant» وموريس هالي «Morris Halle» أنموذجاً لوصف السمات الصوتية أو تغيرها في كل اللغات المعروفة. وظهر وصف للأغودج «Preliminaries to Speech Analysis» في تقرير غير الصوتيات في معهد ماسوشوستس للتكنولوجيا عام 1952، وطبعت، فيما بعد، مطبعة المعهد الآنف الذكر. يركز الأغودج على نظام ثنائي حيث تقارن كل سمة بأخرى مضافة. وتعتمد السمات كثيراً على ملاحظات من الطيف الصوتية التي فحصت آنذاك بدقة متناهية لأول مرة. بُنيت الأغودج سمات أصلية وأخرى ثانوية تتعلق بمصدر الصوت السماعي وسمات أخرى رنينية. يبلغ مجموع السمات كاملة اثني عشرة مجموعة.

وبطبعة «The Sound Pattern of English» عام 1968، أعاد موريس هالي وناحوم تشومسكي صياغة نظام السمات المميزة. فقد بُنيت السمات المميزة وفق شروط نطقية لا سمعية وكانت ثنائية أيضاً، فعلى سبيل المثال، بدلاً من سمة ياكسون وفانت وهالي «Grave» عكس «Acute» التي تنطبق فيها سمة «Grave» على الأصوات التي تشغل مناطق التردد المنخفض في الطيف، وتحتل سمة «Acute» المناطق ذات الترددات العالية، نجد أن تشومسكي وهالي أعاد صياغة الفروق وفق شروط أكثر ميلاً إلى الشروط النطقية كالسمات التي تصف التجويف [± جسم لسان مرتفع]، [± مؤخرة جسم اللسان]. وهناك سبعة وعشرون زوجاً من السمات مقسمة على أصناف السمات الرئيسة: صفات التجويف، سمات أساليب النطق، وسمات مصدر النطق. إن السمات المعلمة بالإشارة (*) غير مهمة في اللغة الإنجليزية.

I. Major class Features

صفات الصنف الرئيسة:

Sonorant	صوت مجهور (ذبذبة الحبال الصوتية)
Vocalic	صوت صائت (فتح التجويف الفمي)
Consonantal	صوت صامت (تضييق أو انسداد المجرى الصوتي)
II. Cavity Features	II. سمات التجويف
Coronal	القصوت التاجي (نظّل اللسان إلى الأعلى)
Anterior (Palato alveolar obstruction)	صوت داخلي (انسداد أو تضييق حنكي - منخري)
Tongue body	جسم اللسان:
High (above neutral)	مرتفع (فوق شكله الحيادي)
Low (below neutral)	منخفض (دون شكله الحيادي)
Back (retracted)	خلفي (تراجع للحلق)
Rounded (lips narrow)	صوت مدور (الشفتان ضيقتان)
Distributed (extended constriction)	صوت موزع (متشعشع) (تضييق مطول - ممتد)
Covered (narrow tense pharynx)*	صوت مغطى (مقنع) (بلموم ضيق مشدود)*
Glottal constrictions	تضييق (انسداد) حنجري
Nasal	أنفي
Lateral	جانبي
III. Manner of Articulation Features	III. سمات أسلوب النطق
Continuant	مستمر
Instantaneous release	تحرير (أفلات - إطلاق) فوري
(/V/ is +)	(/ت/ + تحرير فوري)
(/T/ is -)	(/تش/ - تحرير فوري)
Suction*	جذب (اتجذب)*
Velaric Suction (clicks)	انجذاب (التصاق حلقى) (أصوات الطقطقة)
Implosion	انفجاري - داخلي
Pressure*	الضغط*
Velaric	صعط حلقى

Ejectives	الأصوات الخارجة بشدة (قذفية أو مفعوطة بشدة)
Tense (muscular effort)	مشدود (جهد عضلي)
IV. Source Features	IV. سمات مصدر الصوت
Heightened Subglottal Pressure	ضغط تحتجوي مرتفع
Voice	الجهر
Strident	حاذ النعمة
Prosodic Features	السمات النغمية
Stress	النبرة
Pitch	طبقة الصوت
Length	لطول

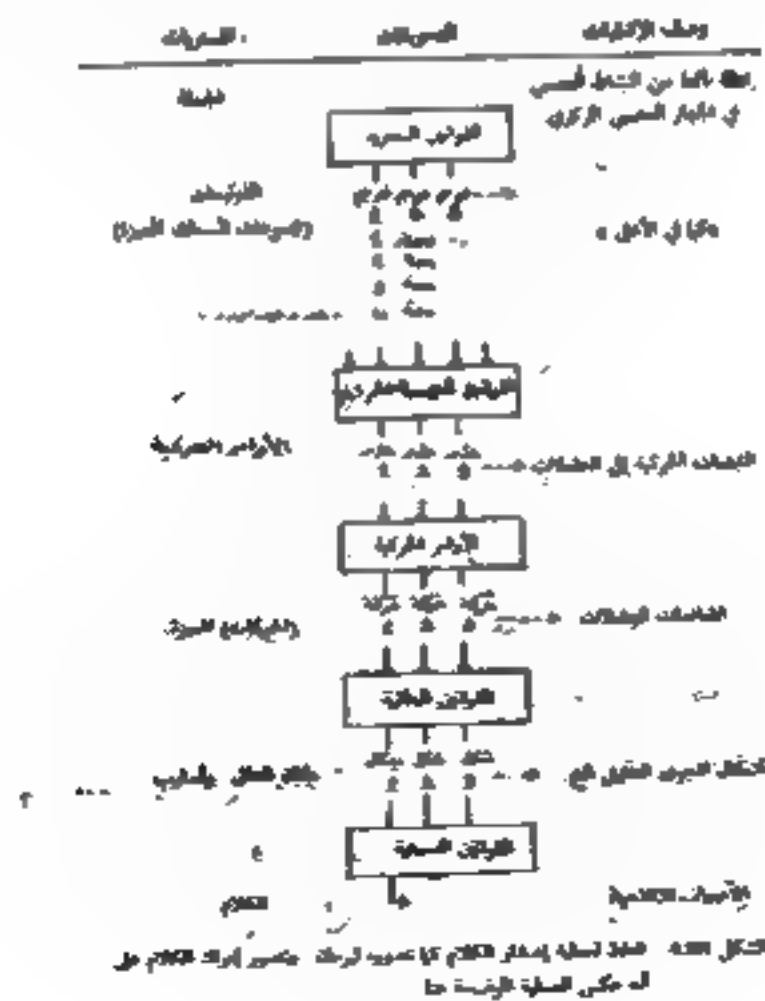
ومن طبيعة الوصف، نجد أن هذا النموذج مبني لازماً ولا يعسر أو يصف طبيعة الكلام الديناميكية. لكن المؤلفين، على أية حال، غير مهتمين، إلى درجة كبيرة، بتحقيق الكلام نفسه، بل إسما يصفان الكفاءة الفونولوجية عند الإنسان، وعلى الرغم من ذلك، فإن السمات الصوتية عند تشويسكي وهالي أكثر تطبيقاً في النموذج لإصدار الكلام من مجموعة من السمات السمعية العرفية. فقد اقترح المؤلفان هذه السمات بوصفها وصفاً للمقدرات الصوتية عند الإنسان ويمكن للنموذج متكامل أن يدمج نتائج السمات «الفيزيولوجية» السمعية بالفونين الطيفية لاشتقاق الخرج لسمعي.

Liberman: The Speech code الكلامي (الشفرة) لبرمان: الرمز

على الرغم من أن موضوع بحث لبرمان وكوبر وشانكويلر (Liberman, Cooper & Shankweiler) الذي ظهر عام 1967 هو إدراك الكلام، لكنه احتوى على النموذج لإصدار الكلام أيضاً يقدم التحويلات التي اعتقد المؤلفون أنها ضرورية في الفونين لتمييزية التي يستخدمها المتكلمون. ويصف النموذج الفونيمات، أو مجموعة السمات التي نزلها، بأنها اشتقاق على مستوى عالٍ من الصيغيات التركيبية - النحوية خمس مهار العصبي - المركزي. يرفض النموذج فكرة أن الأصوات الكلامية هي فونيمات مباشرة جاهزة للتحويل الصوتي، لكنه يقول إن هناك تليخاً سمعياً (أكوستيكياً)

للفونيمات تألقاً عن العلامة المتوازنة لأكثر من فونيم واحد في الوقت نفسه. أطر الشكل (4.101). ووفقاً للقوانين العصبية - الحركية المناسبة، فإن الإرشادات العصبية تُرسل في وقت واحد إلى عدة عضلات. إن السمات التي تنتج عن تقلصات العضلات هذه تشكل اختلافات في أشكال المجرى الصوتي وفقاً لمجموعة من القوانين النطقية، ولتحول تغيرات التجويف المختلفة بمرور الوقت إلى ما نسمعه بوصفه كلاماً من خلال قوانين سمعية. والنقطة المهمة هنا - من خلال هذه التحويلات المصاعفة - هي أن الفونيم، بوصفه وحدة ساكنة جامدة، يتحول ويتغير من خلال سياقه. وبما أن النظام الحركي عند التكلم يثبث أكثر من فونيم واحد، في وقت واحد في أغلب الأحيان، فإن النشاط العضلي، والحركات والإشارات السمعية يمكن أن تعكس هذا التخليخ. سنصف هذا النموذج بإسهاب أكبر في سياق إدراك الكلام في الفصل الآتي. إن النماذج التي وصفناها حتى الآن متأثرة، حل نحو واسم باعتبارات لغوية. هناك نماذج أخرى لأصدار الكلام تؤكد الاعتمادات العصبية - الفيزيولوجية على نحو أكبر

إصدار الكلام



Speech Goals

الأهداف الكلامية:

Target Theory And Auditory Theory

نظرية الهدف والنظرية السمعية

قدم بيتر ماركينج في بحثه «Motor control of Serial ordinary of Speech» عام 1970 نموذجاً لإصدار الكلام ينسجم مع فكرة هيب (Hebb) بشأن التكافؤ الحركي والعمل، آنذاك، في مجال ضبط حلقة غاما في الأنظمة الحركية. ومن أمثلة التكافؤ الحركي حقيقة أنه يمكنك كتابة الحرف B بيمنك أو يسارك أو أن تمسك فلم رصاص بأصابع قدمك على الرغم من اختلاف العضلات المستخدمة في كل محاولة. ومثال التكافؤ الحركي في الكلام الذي أعطاه ماركينج هو قدرة أي متكلم على إصدار كلام الأنبوب، على الرغم من أنه يجب تغيير نشاط الفك، واللسان، وحركات الشفتين، ونشاط العضلات التنفسية أو الأساسية. ويمكنك أن تشعر بالاختلاف من خلال قول «not» بفم مفتوح، وبعد ذلك بأسنان غير متحركة كما لو أنك كنت تمسك بفلم أو أنبوب بين أسنانك. يدعي ماركينج أن المتكلمين لا يصدرن مجموعة من الأوامر الحركية لكل وحدة كلامية لأنهم يفترون من أشكال المجرى الصوتي من عدة أماكن مختلفة بل يرى أن هدف المتكلم هو هدف مكاني. ففي الدماغ، هناك تمثيل ذاتي مكاني للمنطقة القمية. وللوصول إلى الهدف المنشود، يمكن للمتكلم أن يتكيف مع ذلك من أي من الأماكن المختلفة. وتفترض النظرية أن إصدار الكلام هو نظام حلقة مفتوحة، ولكن بمساعدة ممكنة من آلية التغذية الإرجاعية لحلقة غاما في التنبؤ بالتصرف أو النشاط العضلي تحت وطأة بعض الظروف أو الحالات.

إن مفهوم الأهداف موجود ضمناً في ملاحظات بيرون ليندبلوم «Bjorn Lindblom» بشأن تقليص الصائت، التي ذكرت من قبل. لكن هذه الأهداف مصوغة ضمن شروط ترددات الصائت المميزة. فالتكلم يهدف إلى أهداف سمعية ثابتة، على الرغم من أنها يمكن أن تقلص أو تتغير خلال الإرسال السريع غير المركز. والمستمع قادر على تصحيح التقلصات الحاصلة إدراكياً. ومن ثم يستعيد أهداف الصائت. ومن هنا يأتي الهدف على أنه تمثيل نفسي لإصدار الصائت الحقيقي.

يقرّ سلاوت نوتبووم (Sibout Noolboom) من هولندا نظرية الهدف عند ماكنيلج حيث يجد أن نظاماً مكانياً ذاتياً متسقاً أكثر فعالية من أنماط حركية معزّزة لكل عمل ممكن.. ولكنه يقترح أن ماكنيلج لم ينجح نجاحاً عظيماً في أنموذجة. ويتّبه نوتبووم، مشيراً إلى عمل لنديلوم، على أنه يجب فهم غرض المتكلم بوصفه فهمياً إدراكياً في المقام الأول. حتى إن الأهداف المكانية يمكن أن تتغير أو تتحور في بعض الأحيان. يعرض نوتبووم مثال المتكلمين الذين يصدرّون [la] بشفاة مدوّرة أو من دونها وإن لم يستخدم تدوير الشفتين لتطويل اللجري الصوّقي من أجل الترددات المخفضة، فإنه يمكن عندئذ الاستعاضة عن ذلك بضغط البلعوم نحو الأسفل لتحقيق النتيجة السمعية نفسها. تختلف، هنا، الأهداف المكانية، لكنه يفهم كلاً من الصوّتين على أنه الفونيم /la/ نفسه، يتضمن أنموذج نوتبووم لإصدار الكلام تمثيلاً داخلياً لمكان إدراكي سمعي. ويستخدم دماغ المتكلم فيه، مفيداً من التمثيلات السمعية والتمثيلات المكانية، قوانين تربط هذه التمثيلات لحساب الأوامر الحركية اللازمة لإنجاز الأهداف من الحالة النطقية الراهنة.

وقد اقترح بيتر لادافوجد «Peter Ladefoged» نظرية سمعية لإصدار الكلام، على الأقل، في إصدار الصوائت، يرى فيها أنه ربما كان هناك اختلاف في ضبط الإصدار بين الصوائت والصوامت.

Timing Models

نماذج التوقيت

إنّ البحث عن المتلازم الثابت للفونيم لا يمثل همّ عالم الصوت التجريبي للوحيد. ذلك إن حقيقة ترتيب الكلام على محور زمني قد قادت إلى عدة نماذج لإصدار الكلام تؤكد التوقيت. إن بحث كارل لاشلي «Karl Lashley» الكلاسيكي الذي طبع عام 1951، قد نجح فيه إبطال مصداقية نظريات السلسلة المترابطة لإصدار الكلام في عقول معظم المنظرين الذين تبعوه. تقول نظرية السلسلة المترابطة أن مشير حركة ما يجب أن يبدأ الحركة اللاحقة. وبالمقابل نظر لاشلي بأن إصدار الكلام يدمج عدة أنظمة متداخلة، ولكنها مبهتلة يتناظر مع غرض المتكلم أو هدفه أسماها «السزعة

المقرّدة، «Determining Tendency» وتألّف من مستودع الصور والكلمات، والتنظيم الحركي والية ترتيب زمنية. والنقطة الحاسمة هنا هي أن الترتيب الزمني، كما يراه لاشلي، ليس موروثاً في الفكرة، أو الكلمة أو الترتيب الحركي، بل يمكنه أن يصطّ نرتبها. إن وسيلة الترتيب الزمني هي تراكيب القواعد، وهي مخطّ متكامّل متعاسك وهو يصورها بوصفها تنظيمياً للكلمات وترتيباً للأعمال الحركية أيضاً، أن النموذج لاشلي هو أنموذج حلقة مفتوحة ذات أنظمة دائمة التدخل دوماً.

وقد نظم سڤن أوهمان «Sven Ohman» أنموذجاً رياضياً لإصدار الألفاظ المؤلفة من صائت - صامت - صائت. إنه أنموذج نظقي له خمسون خطاً تقسم المجري الصوتي، تشكّل فيه أعلى نقطة في الحنك وبداية التجويف الفمي المنحني محور الإحداثيات. لقد استخدم ليلخص رياضياً العلق المشترك الذي يصفه أوهمان من الأطياف الصوتية، ويحتوي الأنموذج على صفات الفونيمات الساكنة والقوانين «الديناميكية» التي تخرج الفونيمات في الكلام المستمر. وينظر أوهمان إلى التوقيت الزمني بوصفه نتيجة لانتقال المتكلم من صائت إلى صائت وفرض تحرير الصوامت وحبسها على الجدول الجهوري. وفرض هنا تأثيرات العلق المشترك الملحوظة، ويتضمن أيضاً آليات ضبط منفصلة للصوائت والصوامت.

وطوّر ويليم هنيك (William Henke) أنموذج حاسوب يعتمد على أداة بحث نظقية. يدعم الأنموذج آلية كُثِفَ قبليّة للضبط الحركي. وترسل الأوامر الحركية بعدد كبير من الوحدات بشرط ألا تتعارض فيما بينها. يولد الأنموذج خيطاً من الفونيمات ينطق مشتركاً. ينتج عن انتشار السمات من صوت كلامي. مميّن إلى الأصوات الكلامية المجاورة.

يتصل بالترتيب الزمني بعد آخر من التوقيت، وهو غط التوقيت السبي للوحدات في العجلة. وقد اقترح جيمس مارتن (James Martin) نموذجاً للإيقاع الكلامي، يرمج فيه المفردات المنبورة أولاً، حيث يعطيها المتكلم التوكيد النطقي الأساسي، وعلى التوقيت ونطق الأقسام الأقل نبراً في العجلة أهمية أقل. وتكون آية الإصدار تحت سيطرة مركبة. وعلى الرغم من أن بعض اللغات (الإنجليزية إحداها) مؤقتة السر على نحو أوضح من اللغات الأخرى، فإن مارتن يعدّ مثل تلك الأنماط التوقيتية السبي أو الإيقاعات سمات عالمية. إن توقيت البر هو التزعة إلى حدوث البر بمواصل متسلسلة. ويبدو أن المستمعين يتحسسون إيقاع الكلام ويستعينون به في التنبؤ بنقطة الرسالة.

ومهما يكن، فإن المرء عندما يشرع في قياس إيقاع الكلام في المخبر يجده محيراً كالعوسم. يمكن أن يكون الإيقاع في عقل المتكلم، ولكنه يصاب بالضبابية وعدم الوضوح عندما يتحول في الجدول السبي للكلام. ويقترح مارتن، على أية حال، أن المستمع يدخل إيقاع المتكلم ويتابعه على الرغم من معدل تغيرات المتكلم وعوامل أخرى تجعل من الإيقاع شيئاً صعب التشخيص والتحديد موضوعياً.

Feed back Models

نماذج التغذية الإرجاعية

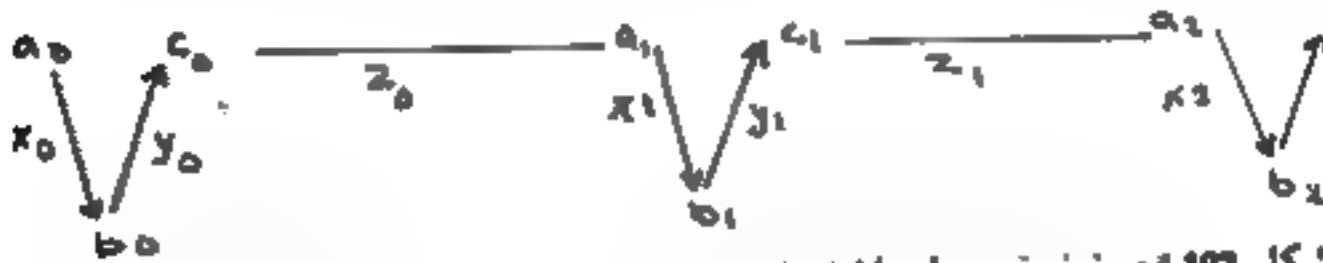
أشار كتاب كيب رجل وامرأته من فريق كوزميفينكوف (Kozhevnikov) وجستوفيتش (Chistovitch) من معهد بافلوف في لينغراد عام 1965 التفكير بشأن تنظيم الكلام من خلال تقديم النموذج للتوقيت الكلامي وضبط المقطع. وقد أظهر الباحثان من خلال قياس أمد سلسلة الوحدات (Synlogme) التي تفصلها وقفات (يمكن للاستجبا أن تكون مقطعاً واحداً، ولكن متوسط طولها يبلغ سبعة مقاطع) أن الوقفات أكثر تعبيراً من الفواصل ضمن الستجبا. وخلصا إلى القول إنه يمكن قياس الوقت بمنزى أو معنى ضمن الستجبا فحسب. وقد اكتشفنا أنه عندما يتغير معدل الكلام ضمن الستجبا تبقى الفترات النسبية للمقاطع والكلمات ثابتة. ولم يجد أي فرق هام في الوقت السبي إلا عندما قلنا التغيرات في معدل الصوائت والصوامت في كل

مقطع ينمير صامت المقطع قليلاً بالمعدلات السريعة أو البطيئة، ولكن يتغير الصائت على نحو أكبر. واستنتج كوزهيفينكوف وجيستوفيتش أن التنظيم الطبقي للوقت يقع صمير سيطرة المقطع. تحتوي أوامر المقطع « a » في الشكل (4.102) على تعليمات لكل من الصائت (a_1) والصائت (a_2) وأكثر من ذلك، يمكن بدء الحركات التي يتطلبها المقطع أنياً إن لم تكن متعارضة هي بينها.



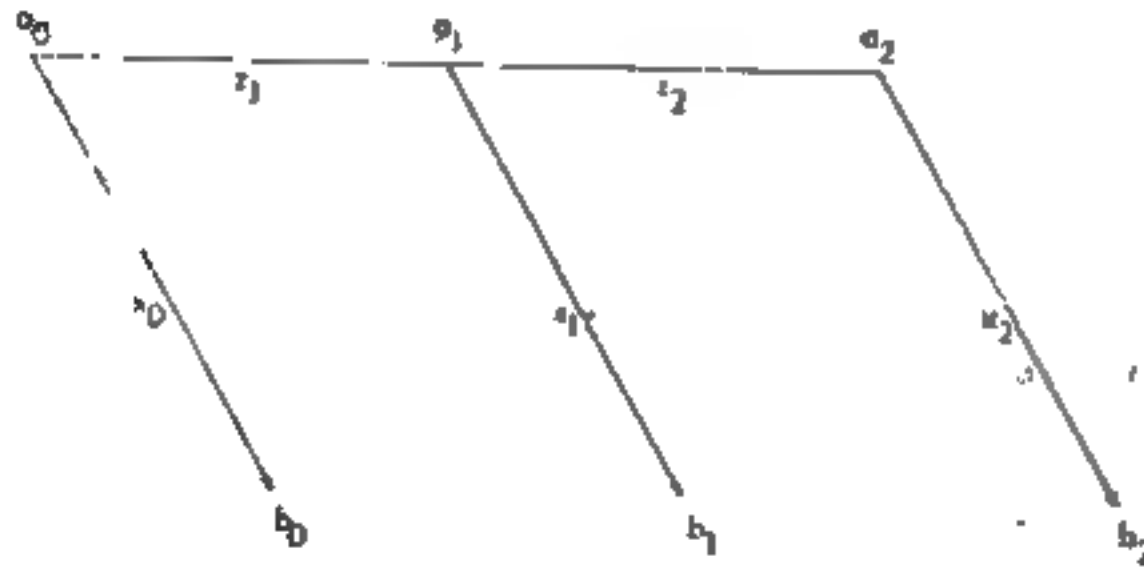
الشكل 4.102. أوامر للمقاطع a , b , و c . تحتوي أوامر المقطع أوامر صائمية (a_1 , b_1 , c_1) وأوامر صائمية (خاصة بالصوائت)، (a_2 , b_2 , و c_2). يمكن إصدار الأوامر الصائمية والصائمية في الوقت نفسه على الرغم من إدراكها على نحو متوالٍ (على التعاقب).

وقد اعتقد أن أوامر المقطع هي حلقة مفتوحة بناءً على مقارنة التوقعات من النموذج حلقة مفتوحة والنموذج حلقة مغلقة. يقارن الشكل (4.103) بين الفرضيات المتبادلة (المتساوية). ففي الفرضية الأولى، ينتظر أمر بدء كل مقطع التغذية الإرجاعية الواردة التي تشير إلى أن أمر مواصلة المقطع السابق قد صدر. وذلك شكل من أشكال ضبط الحلقة المغلقة.



الشكل 4.103: فرضية ضبط الحلقة المغلقة. يصدر أمر بداية المقطع التالي استجابة لبض وارد يشير إلى أن المقطع السابق قد بدأ. تمثل a_0 , a_1 , و a_2 لحظات وصول أوامر المقطع، بينما تمثل b_0 , b_1 , و b_2 لحظات بداية الحركات المماثلة. بينما تمثل c_0 , c_1 , و c_2 لحظات دخول البض الوارد من الجهاز العصبي مشيراً إلى بداية التحرك. (تمثل x و y وقت التحويل الحركي والحسي، بينما تمثل z الفاصل بين الحركة والأمر اللاحق).

أما في الفرضية الثانية، فإن أوامر المقطع تصدر دون انتظار العودة الصادرة عن الاستجابة العضلية. وقد استتج كوزهينيكوف وجيستوفيتش على نحو أولي من خلال اختبار هاتين الفرضيتين بوساطة قياس التغيرات الحتمية الخاصة بالعترات التي تم الحصول عليها من تكرار عبارة حوالي 150 200 مرة، أن الفرضية الأولى للحلقة المغلقة أقل احتمالية. وكانت العبارة «Tonya Topila Banyur»، التي تعني «سحبت توبيا الحمام». وقد اعتقد الباحثان أنه لو اختلفت فترة المقطع أكثر من درجة اختلاف العبارة كاملة، وكانت المقاطع المتجاورة متلازمة سلبياً، فإن ذلك سيدعم النموذج الحلقة المفتوحة. وعندما وجد أن درجة اختلاف المقاطع أكثر بكثير من درجة تعبر العبارة كاملة، وكان الترابط بين المقاطع المتجاورة سلبياً، حلصا إلى القول إن المقطع حادثة نطقية مستقلة عن المقاطع المتجاورة، بمعنى أن أمر كل مقطع يصدر ذاتياً تحت توجيه مولد إيقاع غير محدد في الجهاز العصبي.



الشكل 4.104. فرضية ضغط الحلقة المفتوحة. تصدر أوامر المقاطع المتلاحقة مركزياً لا تؤثر البهضات الواردة في بدايات المقاطع المتلاحقة. تعني الرموز هنا ما عتبه في الشكل 4.103.

على الرغم من اعتبار كوزهيفنيكوف وجيسوفيتش اللمس والسمع غير مهمين أو ضروريين في ضبط الكلام الخلق، فإن جرات فيربانكس (Gran Fairbanks) أكد أهميتهما بالإضافة إلى أهمية التغذية الراجعة في النموذج لآلية الكلام على شكل الآلية المؤازرة. وقد طبع النموذج عام 1954 خلال موجة الاهتمام بالمحلل الجديد نسبياً «السيرانية» علم ضبط الآلات». وطبع كتاب نوربرت فيز «The Human use of Human beings» في العام نفسه). وكان فيربانكس أول من صور الكلام على هيئة نظام «حلقة مغلقة بكثير من الدقة والتفصيل، حيث يمثل المحرك، والمولد، وأجزاء المحلل في وحدة المفعول في الشكل (4.105) التنفسي، والصوت والنطق على التوالي. تمثل المجسات 1، 2 و 3 السمع، واللمس والتغذية الراجعة. وقسم السمع على قنوات عظمية وتكيف هوائي. وتعمل وحدة «الخبر» بوصفها دارتاً حتى تنجز الدخات الكلامية. ولا يقوم المقارن بربط الإشارة المقصودة بالتغذية الإرجاعية للمخرج الحقيقي ابتغاء التصحيح فحسب، بل يتضمن وسيلة تنبؤ، ولذلك لا نحتاج لتأخير العملية حتى نخفي إشارة الخطأ. وعندما يحدث تعارض أو تناقض بين الإشارة المقصودة والإشارة الحاصلة فعلاً في المقارنة، توصل إلى الخارج، وبذلك يمكن تعديل وحدة المحرك أو المفعول.



الشكل 4.106: نموذج فيربانكس لعملية إصدار الكلام. (راجع النص لمزيد من الشرح).

وتبقى الاسئلة بشأن دور أنظمة الحلقة المفتوحة والحلقة المغلقة من دون إجابة اليوم والحال كذلك أيضاً بالنسبة إلى المبادئ الأساسية التي تحكم برعمة الحركية كما تبدو في الإيقاع الكلامي والنطق المشترك. ويتزايد صقلنا للمعلومات، مستحور النماذج وأنظمة السمات، وحتى التعاريف تتبلور باستمرار. ولا توجد هناك طريقة أفضل لإدراك ضالة معرفتنا وبلغ التعقيد في إصدار الكلام من أخذ لفظ قصير ومحاولة تفعيل الحوادث الثانوية المتجسدة في إصداره. وأخرى فقر هذا الفصل هي مثل تلك المحاولة.

Production of A Sentence

إصدار جملة

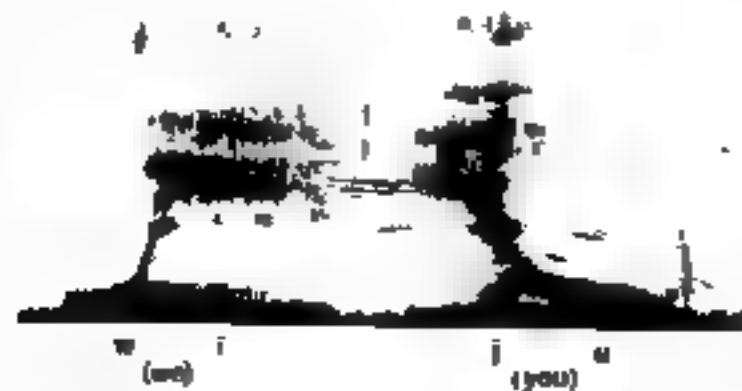
«We beat you in soccer»

الجملة هي :

«نغلبكم في كرة القدم»

[.wɪ'bi:t(jən səkə)] or [.wɪ'bi:t(jəp'səkə)]

يرة أحد أعضاء الفريق الخاسر. يحزم على تعليق أحد المتصارعين بعد أن هزم هزيمة نكراء على يد فريق كرة قدم جامعي منافس «يمكن أن نكون قد خسروا اللعبة اليوم، لكننا نغلبكم في كرة القدم»، ولو كنا داخل دماغ المتكلم نضبط لزرلراً لإصدار «نغلبكم في كرة القدم» فماذا يمكن أن يكون ترتيب الأوامر ودمجها؟. والمباراة ممتازة لأنها تحتوي على أصوات الوقف، والأصوات الاحتكاكية، والأصوات الأنفية وأشياء الصوائت وصوائتنا المفضلة [a]، [ɔ] و [u]. وهناك تناسق سار أيضاً عندما لا يحصل تشابه بين [u] و [ɪ] كما في اللفظ الثاني، ونحصل بذلك على [w] و [u]. اللتين لينا متضادتين في بالولاء للفريقين المتنافسين فحسب، بل إنهما صورنا طيفيتان تمكس إحداها الأخرى. حيث تبدأ [w] بـ [u] سمعية ونترق نحو [ɪ]، بينما تبدأ عموماً سمعية ونترق نحو [u]. انظر الشكل (4.105).



الشكل 4.105: صور [w] و [u] اللغوية

وأيّ ما كانت مقاصد المتكلم في رده، سواء أكانت رغبة في الإخبار، أو عرضاً
لكنة لطيفة ولكنها شائكة نسبياً، فإننا لن نحاول تقرير ذلك. كما أننا لن نحاول تسع
التشاك بين تراكيب القواعد والدلالة في اتخاذ القرار. وستخيل أن جملة «معلّمكم في
كرة القدم» قد وضعت للحظة في مقلون كي تُعامل. وقد فرض عليها التوفيق
والوسط الإيقاعي عندما كانت تعطى إلى الأوامر الحركية. سنشير إلى بعض الحوادث
الحركية الثانوية بالنسبة إلى الأهداف الحركية الأكثر عمومية بغض النظر عن ماهيتها.
إن الطريقة المنطقية للإشارة إلى الحوادث الحركية تقع ضمن شروط الأعصاب،
والعضلات، والحركات والتغيرات التجويفية الناتجة، وتغيرات الضغط الهوائي
والنتائج السمعية. وسيفوق الحذف الإضافية في الوزن. ولن يكون هناك أي أثر لكل
القوى السلبية المؤثرة دائماً للمرونة، والجاذبية، والكتلة والمطالة. سنذكر بعض قوى
العضلات النشطة الواضحة فحسب. ولن يُفصل القول بشأن النشاط العضلي المساعد
للعلاقات الإنقباضية وعكسها. وسيعتد أيضاً البث العنيد الممكن الوارد عن
تغيرات طول العضلة، ولسها، والإشارات السمعية التي تزود المتكلم بمعلومات عن
تقدمه. ولكي نجعل الوصف ملموساً نوعاً ما، أجربنا، هل أية حال، بعض
التصورات المحددة بشأن طريقة معينة من الطرق الجديدة في نطق الجملة. وعلى
الرغم من هذه النواقص، يبقى التمرين جديراً بالمحاولة، حتى لو ربط فحسب بين
عمليات التنفس، والنشاط الحنجري والنطق التي تخطط، عادة، معزولة في جوهرها،
ولنذكر أنفسنا بدرجة تعقيد الكلام:

شبكة مياه

المياه لانتشار 600 m

كثافة حفر : 0.02 m³ / m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

1.4 m³ / m² [0.02 m³]

المساحة المغطاة 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار : حصة حفر 0.02 m³ / m² توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار : حصة حفر 0.02 m³ / m²

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

المساحة المغطاة بالمياه 0.05 m² ————— توزيع المياه في المنطقة المحيطة بالآبار

نعمي المختصرات التي استخدمت في المخطط الياني ما يلي:

Elm = العين - ضلعية الخارجيه

ilm = العصبه العين - ضلعية الداخليه

VC = المنصبه الحيويه

GGm = العصبه الذقيه - اللسانيه

OOM = العضله المداريه القهقيه

LPm = العصبه الحنكيه - الرافعيه

SGm = العصبه اللسانيه - الاهريه

IAM = العصبه الطرجهانيه الوسطي

ICAm = العصبه الحلقانيه - الطرجهانيه الجانيه

P_s = الضغط الهوائي التحتنجري

F₀ = التردد الاساسي

F₁, F₂, F₃ = التشكيل الموجي الاول، الثاني والثالث.

Atorius muscle = Pm

PCAm = العصبه الحلقانيه - الطرجهانيه

SLm = العصبه الطولانيه العليا

PGm = العصبه الحنكيه - اللسانيه

ILm = العضله الطولانيه البعدي الداخليه

HGm = العضله اللامي اللسانيه

ABDm = العصبه الشبطيه

CTm = العضله الحلقانيه - الدرقي

SPL = مستوى الضغط الصوتي

HHm = العضله الدرقي - اللامي.

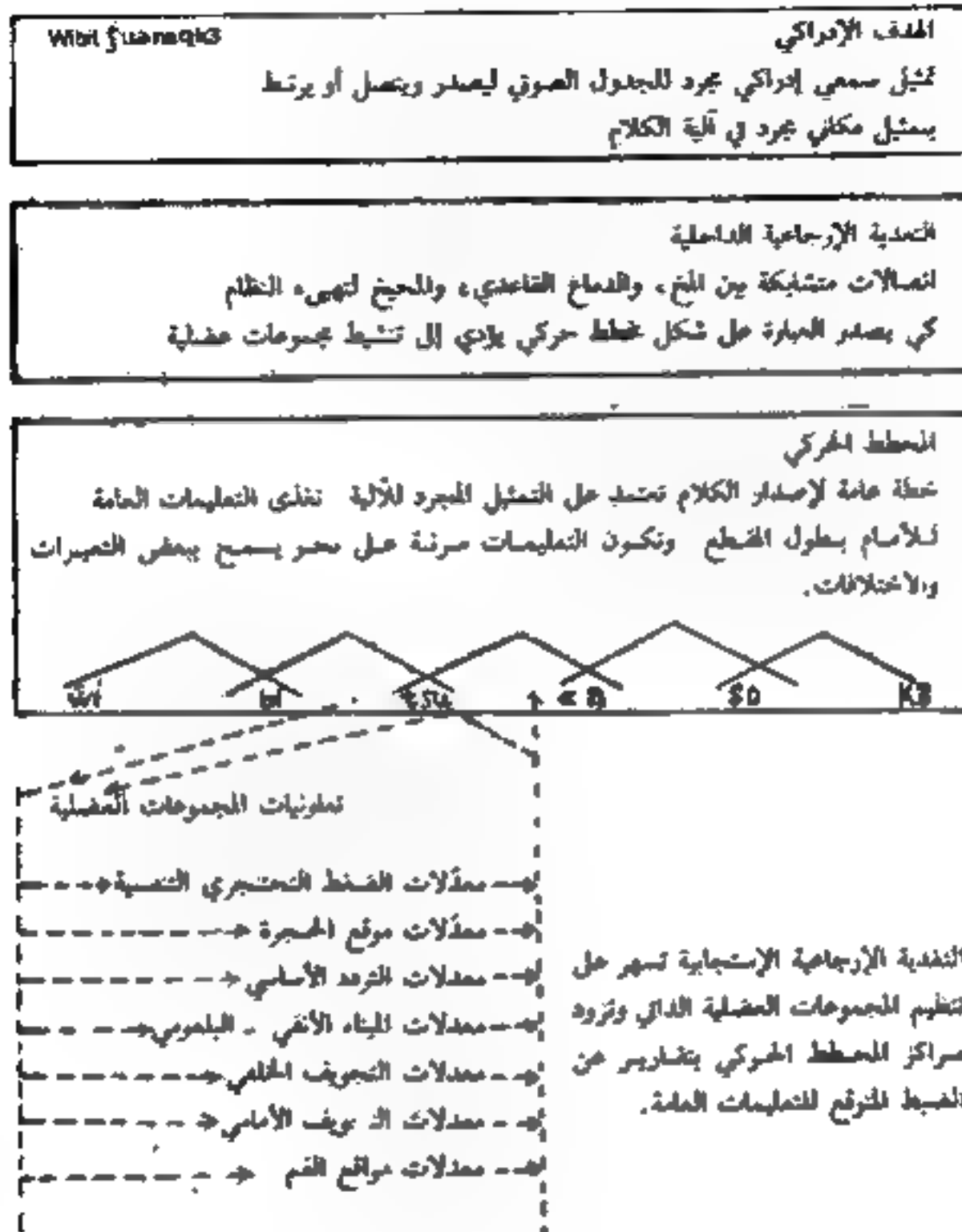
خشية أن نعطي محاولة حبك حوادث الكلام التنفسية والصوتية والنطقية هذه أي إنسان انطاعات خاطئة بأن الكلام هو نتيجة تحويلات متوازية، ولكنها مستقلة، من الشكل العصبي إلى الضغط الهوائي، أو أن هناك تحويلات مباشرة من القوئم إلى الصوت، فقد قمنا بصياغة العملية على نحو آخر بوصفها نموذجاً يمكن أن يمثل التسبق بين المجموعات العصبية الموجودة في الكلام على نحو أفضل. يظهر الشكل

(4.107) الهدف الكلامي الأولي بوصفه تمثيلاً سمعياً إدراكياً لعبارة «نغلبكم في كرة القدم». إننا نعرف الصوت العام للعبارة التي تخطط لقولها. ويمكن أن يكون هناك، في هذه المرحلة قبل الكلامية، حلقة نشاط داخلية عصبية بين المراكز العصبية القاعدية، والمخيخ والمخ في الدماغ تسمى النظام من أجل الخرج الكلامي. ويمكن لمخطط إصدار الحركة الحركي أن يكون مجرداً وفي حالة مرة مما يسمح لاختلافات وتغيرات في الإصدار الحقيقي. إن وصفاً تقريبياً للتغيرات في الآليات الكلامية يمكن أن يشكل المخطط. يمكن توضيح تغيرات المجرى الصوتي العامة في اللفظ من تخزين عبر الضغط المخيفي للمناطق الحركية في المخ، ويمكن تغذية هذا التمثيل إلى الأمام بقطع بحجم المقطع على الأقل. يمكن أن تكون عملية تنظيم مجموعات عضلية معينة، كذلك العضلات التي تعملون لتنظيم التردد الأساسي، ذاتية الانتظام من خلال استجابة تغذية المغزليات العضلية الإرغاجية. ونشير إلى كيفية إمكانية تداخل قطعتين عندما تنشأ خطة [Fryer] المجموعات العضلية.

وليست المجموعات العضلية المنتظمة لإداء وظيفة معينة منسقة فيما بينها فحسب، بل إنها تنسق أيضاً مجموعات عضلية أخرى منتظمة لإداء وظيفة أو مهمة مختلفة. يمكن جعل هذا التنسيق الأكبر ممكناً، على نحو أساسي، من خلال تغذية قبلية لتفاعلات ممارسة دقيقة ومعددة. إن حركات أعضاء النطق والتغيرات في أشكال التجويف مستمرة مما يسبب اضطرابات حدود الفونيم والمقطع كما نعرفها. إن اختلافات الحركة بسبب السياق أو بسبب اختلافات المكانة الأولية هي القاعدة وتنتج ذاتياً ضمن كل مجموعة عضلية. وكذا فإن اختلافات الضغط الهوائي والجدول السمي الناتج ديناميكياً أيضاً نتيجة الطرق التي يتغيران فيها على محور الزمن. يمكن للتغذية الإرغاجية الخارجية لإحساسات التغذية الإرغاجية الموضعية والسمعية أن تكون متأخرة جداً كي تؤثر في الأنماط الحركية الثانوية لنشاط المجموعة العضلية، ولكنها تؤثر بالمخطط العام الأكبر. وبذلك يمكن تصحيح أي خطأ في المحاولة التالية (اللاحقة).

وهكذا، فإن هدف التكلم هو إصدار الأصوات التي تناسب هدفاً سمعياً إدراكياً كي يفهمها نظام المستمع الإدراكي. دعنا نحاول، في الفصل اللاحق، مناقشة ذلك النظام الإدراكي والعمليات التي يمكن أن يجتريها الاستماع أو الإصغاء

نموذج لإصدار الكلام Model of Speech Production



مراجع الفصل الرابع

BIBLIOGRAPHY

General Works on Speech Production

- Dickson, D. R. and Munn, W. M., *Human Vocal Anatomy*. Springfield, Ill. Charles C. Thomas, 1970.
- Harns, K. S. Physiological Aspects of Articulatory Behavior. In *Current Trends in Linguistics*, Vol. 12, No. 4, T. A. Sebeok (Ed.) The Hague: Mouton, 1974, pp. 2281-2302.
- Liberman, P. *Speech Physiology and Acoustic Phenomena: An Introduction*. New York: Macmillan, 1977.
- MacNielage, P. Speech Physiology. In *Speech and Cortical Functioning*, J. H. Gilbert (Ed.) New York: Academic Press, 1972, pp. 1-22.
- Mindlin, P., Nixon, T. J., and Williams, F. (Eds.), *Normal Aspects of Speech, Hearing, and Language*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1972.
- Peterson, J. B. *Physiology of Speech Production: Re-*

sults and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1969.

- Van Riper, C., and Ingham, J. V. *Voice and Articulation*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall Inc., 1958.
- Zemlin, W. E. *Speech and Hearing Sciences: Anatomy and Physiology*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall Inc., 1968.

Neurophysiology References

- Bruce, P., Remarque sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bull Soc Anthropol Paris*, VI, 38, 1861, 398-357.
- Scoville, I. C. *The Understanding of the Brain*. New York: McGraw-Hill, 1973.
- Franklin, V. A. Slips of the Tongue. *Sci. Am.* 229, 1973, 119-116.

- MacKay, D. G. Spontaneous: The Structure of Errors in the Serial Order of Speech. *Neuropsychologia* 8, 1970, 303-330.
- Milner, B., Beach, C. and Resmanen, T. Observations on Lateral Dominance. In *Psychology Readings: Language*, R. C. Oldfield and J. C. Marshall (Eds.) Baltimore: Penguin Books, 1968. (Later figures given in present text from oral presentation by Milner at ASHA meeting, Las Vegas, 1974.)
- Penfield, W. and Roberts, L. *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1959.
- Peterson, K. H. *Language of the Brain*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall Inc., 1971.
- Wade, J. and Resmanen, T. Intracarotid Injection of Sodium Amytal for the Lateralization of Cerebral Speech Dominance: Experiments and Clinical Observations. *J. Neurology* 17, 1960, 206-212.
- Wernicke, C. *Der Aphasische Symptomencomplex*. Braunschweig: Max Cohn and Wengert, 1874.

- Acoustique Fondamentale de la Voix Chantée*. Thesis, University of Paris, 1959.
- Müller, J. *The Physiology of the Senses, Voice, and Muscular Motion with the Mental Faculties*. Translated by W. Balg. London: Walton and Maberly, 1881.
- Nagas, Y. E. *The Comparative Anatomy and Physiology of the Larynx*. New York: Hafner Publishing Co., 1962. (A rewriting of Y. E. Nagas. *The Mechanism of the Larynx*. London: William Heinemann Medical Books, Ltd., 1923.)
- Shipp, T. Vertical Laryngeal Position during Continuos and Discrete Vocal Frequency Change. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 707-718.
- Van den Berg, J. Myoelastic-Aerodynamic Theory of Voice Production. *J. Speech Hear. Res.* 1, 1958, 217-244.
- Von Helmholtz, H. *Die Lehre der Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn, 1863.

Respiration References

- Campbell, E. The Respiratory Muscles. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 155, 1946, 136-146.
- Dryer, M. H., Lofstedt, P., and Whitteridge, D. Respiratory Muscles in Speech. *J. Speech Hear. Res.* 2, 1959, 16-27.
- Penn, W. G. Mechanics of Respiration. *Am. J. Med. Sci.* 1951, 77-81.
- Hixon, T. Respiratory Function in Speech. In *Neural Aspects of Speech, Hearing, and Language*. P. D. Milillo, T. J. Hixon, and F. Williams (Eds.) Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1972.
- Mead, J., Bushaye, A., and Proctor, D. F. Mechanisms Generating Subglottic Pressure. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 155, 1968, 177-187.
- Nettel, R. Subglottal and Internal Air Pressures during the Intervocalic Contrast of /r/ and /R/. *Phonetica* 26, 1969, 66-73.
- Baker, H., Ott, A. E., Chadwick, L. E., and Fenn, W. C. The Pressure-Volume Diagram of the Thorax and Lung. *Am. J. Physiol.* 144, 1946, 261-276.
- Stanton, E. *Vocal Phonetics*. Amsterdam: North-Holland, 1961.
- Van den Berg, J. Direct and Indirect Determination of the Mean Subglottic Pressure. *Vocal Phenomena* 3, 1969, 1-26.

Phonation References

- Athanas, J. E. Correlation Analysis of the Physiological Factors Controlling Fundamental Voice Frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 45, 1970, 211-222.
- Faberg-Andersen, K. Electromyographic Investigation of Isolated Laryngeal Muscles in Humans. *Acta Physiol. Scand* 41, Suppl. 142, 1967, 1-64.
- Hixon, H., and Gay, T. The Activity of the Intrinsic Laryngeal Muscles in Voicing Control. *Phonetica* 16, 1972, 140-144.
- Huxson, R. *Étude des Phénomènes Physiologiques et*

General References in Acoustics of Speech

- Dunn, P. B., and Pisoni, E. H. *The Speech Chain*. New York: Doubleday, 1972.
- Fest, C. *Acoustic Theory of Speech Production*. The Hague: Mouton, 1970.
- Flanagan, J. L. *Speech Analysis, Synthesis, and Perception*. Berlin: Springer-Verlag, 1965.
- Fry, D. B. (Ed.). *Acoustic Phonetics: A Course of Six Lectures*. New York: Cambridge University, 1970.
- Lobin, J. (Ed.). *Readings in Acoustic Phonetics*. Cambridge, Mass.: M. I. T Press, 1967.
- Peterson, R. K., Kopp, G. A., and Green, H. C. *Vocalic Speech*. New York: D. Van Nostrand Co., Inc., 1947.

Articulation and Resonance References

- Bell-Berth, F. The Velopharyngeal Mechanism: An Electromyographic Study. *Hastings Laboratories Speech Report (Suppl.)*. New Haven, Conn.: Hastings Laboratories, 1972.
- Bell-Berth, F. Control of Pharyngeal Cavity Size for English Voiced and Voiceless Stops. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1975, 489-497.
- Bert, F., and Munn, J. L. Palatal Activity in Voicing Distinctions: A Simultaneous Electromyographic and Electroacoustic Study. *J. Phonetics* 2, 1974, 89-94.
- Chiba, T., and Kajiyama, M. *The Vowel: Its Nature and Structure*. Tokyo: Kanokun, 1967.
- Crundall, I. G. Sounds of Speech. *Bell Syst. Tech. J.* 4, 1925, 333-403.
- Frenkel, S. The Velopharyngeal Muscles in Speech: An Electromyographic and CineCyclographic Study. *Acta Otolaryngol. (Stockh.) Suppl.* 239, 1969.
- Fujimori, O. Analysis of Nasal Components. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1973, 1064-1076.

- Heinz, J. M., and Stevens, K. N. On the Properties of Voiced Fricative Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 37, 1967, 589-599.
- Hallbrook, A., and Fabrizius, G. Epilaryngeal Formants and Glottal Movements. *J. Speech Hear. Res.* 2, 1962, 38-58.
- Joss, M. Acoustic Phonetics. *Language Monograph* 21 (Suppl. to Vol. 20), 1948.
- Kahn, G. M. On the Nasal Cavity Resonance and its Possible Role in Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 38, 1975, 428-433.
- Katagoraki, P. A Course in Phonetics. New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1972.
- Kinber, L., and Abramson, A. S. A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word* 24, 1974, 345-402.
- Kubler, J. P. An Electromyographic-Electroacoustic Investigation of Voice Function during Vowel Speech Production. *Chil. Patol. L. S.* 1976, 1-30.
- Moll, K., and Eschelt, B. G. Investigation of the Timing of Voice Onset during Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 38, 1975, 678-686.
- Peterson, G. E., and Roney, H. L. Control Methods Used in a Study of the Localization of Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 24, 1962, 175-184.
- Peterson, G. E., and Lehiste, I. Duration of Syllable Nuclei in English. *J. Acoust. Soc. Am.* 32, 1960, 690-700.
- Peterson, G. E., and Lehiste, I. Transient Codes and Diphthongs. *J. Acoust. Soc. Am.* 35, 1963, 288-297.
- Raphael, J. M. S. Theory of Speech Sound Mechanisms, 1979.
- Sprawa, E. H., and Harn, A. S. An Acoustic Theory of Vowel Production and Some of its Implications. *J. Speech Hear. Res.* 6, 1973, 275-289.
- Sprawa, E. H., and Harn, A. S. Development of a Quantitative Description of Vowel Articulation. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1975, 985-993.
- Sulzby, J. D., Dyn, M., and Sulzby, J. D. Corrodiographic Study of Silbante. *Folia Phoniatr. (Basel)* 24, 1972, 20-29.
- Udell, E. Transients in Fricative Noise. *Lang. Speech* 7, 1964, 15-18.
- Kent, R. D., and Minifie, F. D. Coarticulation in Recent Speech Production Models. *J. Phonetics* 5, 1977, 113-125.
- Kirshenblat, V. A., and Chikharish, L. A. Such utchdyataya i umyagatye. Moscow-Leningrad, 1965. Translated as *Speech Articulation and Perception*. Springfield, Va. Joint Publications Research Service, United States Department of Commerce, 1966.
- Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M. Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 435-457.
- Lindholm, B. E. F. Spectrographic Study of Vowel Reduction. *J. Acoust. Soc. Am.* 35, 1963, 1773-1781.
- MacCarthy, P. F. Motor Control of Serial Ordering of Speech. *Psychol. Rev.* 77, 1970, 182-196.
- MacCarthy, P. F., and De Chaz, J. S. On the Motor Control of Coarticulation in CTC Memory. *Publ. J. Acoust. Soc. Am.* 46, 1970, 1227-1232.
- Olson, K. E. G. Coarticulation in VCV Utterances. *Spectrographic Measurements. J. Acoust. Soc. Am.* 38, 1965, 159-164.
- Palmer, J. S. Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cinematographic Study. Cambridge, Mass. M. I. T. Press, 1969.
- Peterson, G. E., and Shoup, T. E. A Physiological Theory of Phonetics. *J. Speech Hear. Res.* 2, 1959, 5-17.

Supplementary References

- Fry, D. B. Phonetic Phenomena. In *Manual of Phonetics*. B. Maerberg (Ed.). Amsterdam: North-Holland, 1970.
- Lehman, L. *Suprasegmentals*. Cambridge, Mass. M. I. T. Press, 1970.
- Liberman, P., *Intonation, Perception and Language*. Cambridge, Mass. M. I. T. Press, 1967.

Feedback References

General

- Burden, G. J., An Interpretation of Research on Feedback Interruption. *Brain Lang.* 7, 1979, 307-319.
- Engel, R. L., Oral Sensation and Perception: A Selective Review. *ASHA Rep.* 3, 1970, 136-138.
- Wright, M. Cybernetics. *Sci. Am.* 179, 1968, 14-19.
- Wolcott, H. The Human Use of Human Beings. 2nd Ed. Rev. Garden City, N. Y. Doubleday, 1954.

Auditory Feedback

- Black, J. W., The Effect of Delayed Side-Tone upon Vocal Rate and Intensity. *J. Speech Hear. Disord.* 18, 1953, 36-40.
- Burden, G. J., Duncan, M. F., Freeman, P. J., and Raphael, L. J., Electromyographic Changes with Delayed Auditory Feedback of Speech. *J. Phonetics* 5, 1977, 1-8.
- Fabrizius, G., and Guttman, H. Effects of Delayed Auditory Feedback upon Articulation. *J. Speech Hear. Res.* 1, 1958, 12-22.

English Speech Sounds

Initial Reference References

- Bell-Berth, F., and Harris, K. S. Some Aspects of Coarticulation. Paper presented at the International Congress of Phonetic Sciences, Leeds, England, Aug. 1976.
- Burden, G. J., and Gay, T., Temporal Aspects of Articulatory Movements for /s/-Stop Clusters. *Phonetica* 28, 1979, 23-31.
- Daniloff, R. G., and Hammerberg, R. E. On Defining Coarticulation. *J. Phonetics* 1, 1973, 239-268.
- Daniloff, R. G., and Moll, K. Coarticulation of Lip-rounding. *J. Speech Hear. Res.* 11, 1968, 707-721.

- Fairbanks, G. Selective Vocal Effects of Delayed Auditory Feedback. *J. Speech Hear. Disord.* 38, 1973, 385-398.
- Gather, S. F. The Effects of Feedback Filtering on Hearing. Paper presented at ASHA convention, Houston, Nov., 1976.
- Joss, H. L., Catanis, A. C. and Stevens, S. S., Voice Level: Acoustic Scale, Perceived Loudness, and Effects of Side Taps. *J. Acoust. Soc. Am.* 59, 1975, 100-109.
- Joss, H. L., and Tranel, B. The Lombard Sign and the Role of Hearing in Speech. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 577-788.
- Lee, B. S., Effects of Delayed Speech Feedback. *J. Acoust. Soc. Am.* 55, 1974, 884-888.
- Peters, R. W., The Effect of Changes in Side-Tone Delay and Level upon Rate of Oral Reading of Normal Speakers. *J. Speech Hear. Disord.* 28, 1963, 455-466.
- Riegel, C. M. and Felt, H. L., Jr. Auditory Feedback in the Regulation of Voice. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1974, 1839-1874.
- Wessells, C., Delays Associated with Certain Supra-glottal Pathways. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1973, 262-263.
- Van Belduy, G., The Structure of the Middle Ear and the Hearing of One's Own Voice by Bone Conduction. *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1973, 217-226.
- Webster, R. L., and Dorman, M. F., Changes in Feedback on Auditory Feedback Cue as a Function of Oral Practice. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 387-391.
- Yates, A. J., Delayed Auditory Feedback. *Psychol. Bull.* 69, 1970, 715-718.
- ### Tactile Feedback
- Borden, G. J., Harris, K. B., and Catana, L., Oral Feedback II: An Electromyographic Study of Speech under Nerve-Block Anesthesia. *J. Phonetics* 3, 1975, 267-308.
- Borden, G. J., Harris, K. B., and Oliver, W., Oral Feedback I: Variability of the Effect of Nerve-Block Anesthesia upon Speech. *J. Phonetics* 3, 1975, 269-284.
- Cannon, E. A., Smith, P. J., Danhoff, R. G., and Kim, C. W., Articulation and Supra-glottal Production under Oral Anesthesia and Masking. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 271-282.
- Kordasakis, W. J., Some Aspects of Speech Production under Controlled Losses of Oral Anesthesia and Auditory Masking. *J. Phonetics* 3, 1975, 317-319.
- Mori, Y., House, A. S., Li, K.-P., and Riegel, R. L., Acoustic Characteristics of Speech Produced without Oral Sensation. *J. Speech Hear. Res.* 16, 1973, 67-77.
- Hatchemont, J. M., and Putnam, A. H. B., Articulatory Aspects of Sensory Deprived Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1974, 1612-1617.
- Legendre, R., and Putnam, A., The Effect of Tactile Motor Block on the Articulatory EMG Activity of Facial Muscles. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 79, 1972, 271-278.
- Luchs, J. L., A Methodological Consideration in Kinesthetic Feedback Research. *J. Speech Hear. Res.* 13, 1970, 688-692.
- Putnam, R. A., and House, A. S., Internal Air Pressure as a Feedback Cue in Consonant Production. *J. Speech Hear. Res.* 16, 1973, 123-127.
- Putnam, A. H. B., and Riegel, R., A Cinematographic Study of Articulation in Two Subjects with Temporally Induced Oral Sensory Deprivation. *J. Speech Hear. Res.* 19, 1976, 267-288.
- Putnam, A. H. B., and Riegel, R., Some Observations of Articulation during Labial Sensory Deprivation. *J. Speech Hear. Res.* 15, 1972, 588-592.
- Scott, C. M., and Riegel, R. L., Articulation without Oral Sensory Control. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 679-695.
- ### Proprioceptive Feedback References
- Abbs, J., The Influence of the Closing Motor System on Jaw Movements during Speech: A Theoretical Framework and Some Preliminary Observations. *J. Speech and Hear. Res.* 10, 1972, 175-228.
- Brown, J. P., *Muscle Spindles and Neural Control of the Tongue Implications for Speech*. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1971.
- Cooper, S., *Muscle Spindles and Other Muscle Receptors in The Structure and Function of Man*. Vol. 1. G. M. Bourne (Eds.) New York: Academic Press, 1968, pp. 391-436.
- Crichton, V., and von Euler, C., Interoral Muscle Spindle Activity and Its Motor Control. *J. Physiol.* 169, 1963, 629-647.
- Fitzgerald, M. J. T., and Low, M. E., The Peripheral Connections between the Lingual and Hypoglossal Nerves. *J. Anat.* 92, 1958, 178-189.
- Pollock, J. W., and Abbs, J. K., Lip and Jaw Motor Control during Speech: Responses to Resilive Loading of the Jaw. *J. Speech Hear. Res.* 10, 1973, 297-299.
- Goodwin, G. M., and Lechner, E. S., Effects of Destroying the Spindle Afferents from the Jaw Muscles upon Mastication in Monkeys. *J. Neurophysiol.* 37, 1974, 987-993.
- Goodwin, G. M., McClure, D. I., and Matthews, P. B. C., The Contribution of Muscle Afferents to Kinesthesia Shown by Vibration induced Disruption of Movement and by the Effects of Paralyzing Jaw Afferents. *Brain* 95, 1972, 705-740.
- Harner, S. L., Speech Adaptation to Dental Appliances: Theoretical Considerations. *J. Stomatol. Crd. Dent. Surg.* 30, 1972, 52-62.
- Higgins, J. R., and Riegel, R. W., Correction of Tracking Errors without Sensory Feedback. *J. Exper. Psychol.* 64, 1970, 417-430.
- Ludwig, P., and Fusch, V. A., Experiments on Concomitant and Performance. *IEEE Trans. Audio Electroacoust.* March 1968, 130-136.

- Matthews, P. B. C., Muscle Spindles and their Motor Control. *Physiol. Rev.* 44, 1964, 219-266.
- Mitt, F. M., and Sherrington, C. S., Experiments upon the Influence of Sensory Nerves upon Movement and Nutrition of the Limbs. *Proc. Roy. Soc. Lond. Med. Ser.* 57, 1929, 461-489.
- Smith, T. E., and Lee, C. Y., Peripheral Feedback Mechanisms in Speech Production Models? In: *Proceedings of 7th International Congress of Phonetic Sciences: A. Rigault and R. Chachannon (Eds.)* The Hague Mouton, 1972, 1199-1202.
- Taub, E., Elman, S. J., and Bernstein, A. J., Differentiation in Monkeys: Effect on Conditioned Group Response. *Science* 121, 1959, 593-595.
- Vallbo, A. B., Muscle Spindle Response at the Onset of Isometric Voluntary Contractions in Man: Time Difference between Facilitator and Shallowceptor Effects. *J. Physiol. (Lond.)* 219, 1973, 494-517.
- Integral Feedback**
- Eccles, J. C., *The Understanding of the Brain*. New York: McGraw-Hill, 1973.
- Evarts, E. V., *Control Control of Movement*. Neurosci. Res. Program Suppl. 3, 1971.
- Holmberg, G. B. (Ed.), *Motor Control*. The Hague: Mouton, 1973.
- Models of Speech Production**
- Charnsky, M., and Halle, M., *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row, 1969.
- Fairbanks, G., A Theory of the Speech Mechanism as a Servomechanism. *J. Speech Hear. Disord.* 18, 1954, 133-139.
- Paul, G., Auditory Patterns of Speech. In: *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. W. Walba-Dunn (Ed.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967.
- Hubb, D. O., *The Organization of Behavior*. New York: Wiley, 1949.
- Hugla, W., *Dynamic Articulatory Model of Speech Production using Computer Simulation*. Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1966.
- Johnson, R., Fant, C. G. M., and Halle, M., *Problems in Speech Analysis*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1963. (Originally published in 1962 as Technical Report No. 23, Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology).
- Kochetkov, V. A., and Chistovich, L. A., *Речь: Артикуляционный и восприятие*. Moscow-Leningrad, 1965. Translated as *Speech: Articulation and Perception*. Springfield, Va.: United States Department of Defense, Joint Publications Research Service Vol. 20, 1971.
- Ludwig, P., De Clerk, J., Lindau, M., and Papouin, G., *An Auditory-Motor Theory of Speech Production*. UCLA Working Papers on Phonetics Vol. 12, Los Angeles (UCLA), 1971, pp. 46-75.
- Lushby, K. S., The Problem of Serial Order in Behavior. In: *Cerebral Mechanisms in Behavior*. L. A. Jeffers (Ed.) New York: Wiley, 1951.
- Lieberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431-451.
- MacLennan, P., *Motor Control of Serial Ordering of Speech*. *Psychol. Rev.* 77, 1970, 182-195.
- Martin, J. G., Rhythmic (Hierarchical) versus Serial Structure in Speech and Other Behavior. *Psychol. Rev.* 73, 1972, 487-509.
- Nesolomon, S. G., The Target Theory of Speech Production. 1971 Annual Progress Report, Vol. 3, Eindhoven, Netherlands: Institute for Perception Research, 1970, pp. 31-46.
- Peterson, G. E., and Shoup, J. E., A Physiological Theory of Phonetics. *J. Speech Hear. Res.* 9, 1966, 199.
- Peterson, G. E., and Shoup, J. E., The Elements of an Acoustic Phonetics Theory. *J. Speech Hear. Res.* 9, 1966, 49-69.
- Servant, K. H., The Quantal Nature of Speech: Evidence from Articulatory-Acoustic Data. In: *Human Communication: A Unified View*. E. E. David and P. B. Dorn (Eds.) New York: McGraw-Hill, 1972.
- Servant, K. H., and Hume, A. S., Speech Perception. In: *Foundations of Modern Auditory Theory*. Vol. 2, J. V. Tobias (Ed.) New York: Academic Press, 1971.
- Walba-Dunn, W. (Ed.), *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967.

الفصل الخامس

إدراك الكلام Speech perception

«إن الألفي من يشرق الشكل، ويشب على الجدار، ويكشف التشابه الجوهرى بين الأشياء البعيدة ويختصر كل الأشياء بمبادئ معدودة»

«رالف والدو إيمرسن ، الألفي Ralph Waldo Emerson, Intellect, 1848

إن السبب الأساسي لأن يفهم بعضنا بعضاً، مع أن ثمة من يقول أننا لا نفهم في ذلك جيداً، هو أن العقل البشري قد تطور إلى باحث أنماط عجيب. إنه يتفرع المشاهد والأصوات والتراكيب المتشعبة، التي تبدو عشوائية، ويبحث عن صفات مشتركة بينها، ويقيم الروابط، ويوزعها على مجموعات. ووفقاً لهذا الإطار، فإننا جميعاً نفهم بالطريقة نفسها. وعندما يكلم أحدهنا الآخر، يبدو أننا نستخلص جوهر الصوت والمعنى من الألفاظ المتنوعة في اللهجة، والمفردات وطبيعة الصوت.

وهناك، على أية حال، ازدواجية في فهمنا للمتكلمين الآخرين. فكل الرغم من أننا نفتش عن القواسم المشتركة، نفرض أنفسنا على ما نفهم؛ يحدث الأمر تماماً كأسطورة العميان الذين يصفون فيلاً، إذ يفهم كل أعمى العالم على نحو مختلف قليلاً عن غيره بسبب تجربته الشخصية وتوقعاته، ولأنه لمس قسماً محدداً من العيل يختلف عن ذلك الذي لمسه غيره. أما في فهمنا اتصالات الآخرين الكلامية، فإننا نميل إلى فرض وجهة نظراً على الوسائل. إذ غالباً ما نعتقد أننا نسمع ما نتوقع أن نسمع. فلو عاب مقطع من الكلمة، فإن عقولنا تزودنا به، ونفشل في ملاحظة عيانه وحتى الأصوات الكلامية تُسمع ضمن إطار لغتنا اللغوية أو الخاصة، ومن ثم فإننا ان سمعنا لغة أقل ألفة بالنسبة إلينا نحكى، فإننا نحاول ملاعبة الأصوات التي معرفتنا إياها أقل

ضمن أصناف الأصوات الكلامية في لغتنا الخاصة. ولهذا السبب نجد أن الكبار الذين يحاولون تقليد لغة جديدة يتكلمون بلهجة معينة واضحة تحتفظ بأصناف لغتهم الكلامية الأم. ففي محاولة قول /tu/ في الفرنسية، يمكن المتكلم انجليزي أن يقول /tu/ بدلاً من /ty/ غير مدرك حق الاختلاف في صوائت الإنسان الفرنسي الذي يقول: /ty/ «tu» و /vll/vous

ومع ذلك ندرك، عادة، ما القيل بمعلومات قليلة من الأرضية المشتركة لتجارنا التي نثق أنها تمثل القيل وفي الاتصالات الكلامية، رغم أننا نحفظ بمنظورنا المعتمد على لغتنا الخاصة أو الفردية، نستقبل الإشارة السمعية نفسها التي تناظر الأصوات الكلامية المميزة في لغتنا. ويبدو أننا نتعلم هذه على الرغم من أن دلائل الأصوات الكلامية المنفردة السمعية تختلف وتشابك على محور الزمن. وسنقوم، في هذا الفصل بمناقشة إدراك الكلام ضمن شروط كيفية تصرفنا من حيث نحن مستمعون للغة الإنجليزية على نحو مشترك في أصوات اللغة الإنجليزية غير ناسين أننا نختلف عن متكلمي اللغات الأخرى، وأنا مختلف إلى حد ما، فيها بينا.

The listener

المستمع

الاتصال عن طريق الكلام هو بث الأفكار والأحاسيس من عقل المتكلم إلى عقل المستمع. تجسد الآراء والمفاهيم التي يود المتكلم التعبير عنها في إطار لغوي وتتخذ شكلاً سماعياً وفق العمليات الفيزيولوجية، التي ناقشناها في الفصل السابق. يتابع هذا الفصل مناقشة ما أسماه دنيس (Denis) وبنشون (Pinson) «المنظومة الكلامية»^(١) وهي منظومة الحوادث من المتكلم إلى المستمع، ويسمى المستمع الإشارة الكلامية ويُفسر معناها. ومن الواضح جداً أن هذه الحوادث مترابطة، لكننا سنناقشها منفصلة مساقش السمع أولاً. وهو عملية تسجيل الأصوات في دماغ المستمع، أما إدراك الكلام، وهو عملية تحليل (فك رموز) الرسالة من التيار الصوتي القادم من المتكلم، فسيشكل الموضوع الرئيس لهذا الفصل.

يمكننا أن نعلم الفرق بين سماع الكلام وإدراكه عندما نقارن تأثيرات الضجيج وتأثيرات الخيبة المسامية. فعندما يولد طفل أصم، أو عصي السمع فإن صعوبة تعلم

(١) المنظومة الكلامية، ترجمة د. محيي الدين حمدي، مشورات معهد الانماء 1991

اللغة هنا تعتمد على عدم قيام الآلية السمعية الثابتة بوظيفتها على النحو المطلوب، أما إن استطاع الطفل سماع الكلام، فيمكنه تعلّم تفسيره. وإما إن ولد الطفل مصاباً بحلل دماغي يتدخل مباشرة بإدراك الكلام، فإن الطفل يسمع على نحو عادي لكنه يكون عاجزاً عن تفسير الأصوات في أية طريقة مفيدة لغوياً. وعلى الرغم من وجود عدة أعراض مختلفة يطلق عليها مصطلح مثل: والحبة المتنامية فإنه توجد صعوبة مشتركة يبدو أنها لا تكمن في العمليات السمعية نفسها، بل في العمليات التي تعضي إلى التحديد والتمييز بين الأصوات الكلامية.

يستخدم المستمعون أشياء أخرى غير المعلومات السمعية عندما يستقبلون رسالة بحكمة. إذ يستخدمون معرفتهم بالكلام وحاله بالإضافة إلى دلالات بصرية يحصلون عليها من مراقبة وجهه وسماته. وهذه الدلالات غير السمعية المستخدمة في إدراك الكلام مهمة لكنها تقع خارج نطاق الدراسة التي تتصل، عادة، بعلم الكلام كما عرفناه. أما في هذا الفصل فسنتنصر على مناقشة ما هو معروف، وما يدور في تلك إدراك الكلام بوصفه مسألة تتضمن استخلاص الأصوات الكلامية من المعلومات السمعية. ويعني هذا الاختصار أننا متجاهل، على نطاق واسع، مجالات أخرى هامة من البحث والاستقصاء، منها: العمليات التي يصل من خلالها المستمعون إلى المعنى من خلال التحليلات الدلالية (المعنى) والحرورية (التركيب) التي يجرونها عن الرسالة (الكلام).

يتبه المستمعون، عادة، إلى معنى الكلام فحسب، ولا يكثرثون بمكونات الرسالة الأخرى. ومثلها أن الإنسان الذي يرى كلباً يمر بجانيه يدرك كلباً، لا تياراً متعباً من الضوء، يكون الإنسان الذي يدرك الكلام واعياً لمعنى الرسالة لا للأصوات المنفردة أو للأغاط الصوتية التي تولفها. ويبدو أن المعلومات اللغوية تخزن من خلال المعنى أو الصور. فعلى سبيل المثال، وجد بارتليت (Bartlett) أن الناس الذين احتسروا، مراراً وتكراراً، بشأن القصص الخرافية التي قرؤوها، غالباً ما استخدموا كلمات مختلفة عن تلك الموجودة في الأصل، إلا أنهم تفكروا الفكرة الرئيسة للقصص وصورها الأساسية.

ومهما بذل المستمعون من جهد في التفتيش على المعاني، فإن حصولهم عليها ينبغي أن يتم من خلال أغاط الكلام الصوتية. سنركز على التحليلات السمعية والصوتية والفونيمية التي يعتقد أنها تشكل أساس قرارات لغوية أبعث. ولا يبدو ممكناً، على أية حال، أن المستمع سيأخذ المعلومات السمعية ويصعد السلم ليتخذ قرارات صوتية. ثم فونيمية ثم مورفولوجية وأخيراً نحوية كي يصل إلى معنى الرسالة. والأكثر احتمالاً أن المستمع يعمل معتمداً على توقعات معينة حول ما يمكن أن يقول المتكلم. - يسمع أجزاء من الرسالة، ويمرر تحليلاً عاماً ويفهم ليركب الرسالة على هيئة شيء ذي معنى، ويتأكد من صحته، في الوقت نفسه، وفق كافة المستويات التي ذكرت آنفاً.

ومهما تكن الطريقة التي يحلل المستمعون بها الرسالة، فإن المادة البحثية التي يعتمدون عليها هي أغاط الكلام السمعية. وهكذا فإن أول شيء يفعله المستمعون هو سماع الكلام. وقد تقع طبيعة آلية السمع نفسها خارج الميدان الأساسي لهذا الكتاب. ولذلك فإننا سنقول بضع كلمات فحسب حول الاستقبال الثانوي للكلام، لأن النظام السمعي نفسه يفرض بعض التغيرات المحددة على الأصوات الكلامية.

Heaving

السمع

نحلل آلية السمع الإنساني الصوت وفق تغيرات التردد والشدة على محور الزمن. ومن حيث أن الأذن جهاز استقبال فإنها لا تجاري العين في درجة حساسيتها، لكنها تبدو مستجيبة، على نحو ملحوظ للأصوات التي يصدرها الإنسان أي. الأصوات الكلامية. ولا تتغير سمعة هذه الأصوات فحسب، بل تتغير طريقة بثها عندما تنطلق من الأدلة الخارجية، والوسطى، والفوقية الأذنية فالعصب السمعي نحو الدماغ بوصف الشكل (5.1) هذه الأجزاء من الميكانيكية.

الطفل وترصف قناة الأذن الخارجية بـ «الخارجية» كي تتميز عن القناة السمعية الداخلية التي تخرج من الأذن الداخلية في العظم الصدغي إلى الدماغ. ويحور الصوان الأصوات نسبياً لكونه يستقبل الأصوات القادمة من أمام الرأس أكثر من تلك القادمة من الخلف، وهناك وظيفة أخرى للصوان، وهي حماية مدخل القناة وخاصة تنوء الصوان الصغير الذي يقع فوق مدخل القناة ويسمى الوثلة. وإحدى وسائل تقليل الشدة في صوت صاحب هي ضغط الوثلة نحو مدخل القناة السمعية بإصبعك.

تحمي القناة السمعية الخارجية أجزاء الأذن الأكثر حساسية من الصدمات أو الأذى ومن تطفل الأشياء العريبة؛ وتفرز مادة شمعية داخل القناة تسمى الصملاخ، وتساعدنا الشعيرات المصطفة في القناة في تصفية الغبار والحشرات الطائرة التي ربما دخلت القناة. ويقوم بعض الناس بتنظيف الصملاخ باستمرار، لكنهم يجرمون أنفسهم من حمايتهم الطبيعية، فلو علق شيء ما في القناة، أو تصلد الصملاخ، فإنه يجب عندئذ إزالته عند أخصائي في طب الأذن والأنف والحنجرة.

وبالإضافة إلى أنها تفرض حماية لأجزاء الأذن الأكثر أهمية وحساسية، فإن القناة الأذنية الخارجية تقوم بدعم الترددات العالية في الأصوات التي تستقبلها. والقناة تجويف مليء بالهواء مفتوح من أحد طرفيه، ولذلك فإنها تعمل بوصفها مرناً رهاصي الدرجة. وسيكون لأذن رنين موجة مقنار طولها أربعة أمثال طول الأنبوب، وستكون الترددات الأعلى هي المضاعفات الفردية للمعرد الأدنى. وهكذا نجد أن الرنين الأول لقناة طولها 2.5 سم هو حوالي 3440 هرتز.

$$\text{التردد} = \frac{\text{سرعة الصوت}}{4 \times (\text{الطول})} = \frac{34,400}{10} = 3,440 \text{ هرتز}$$

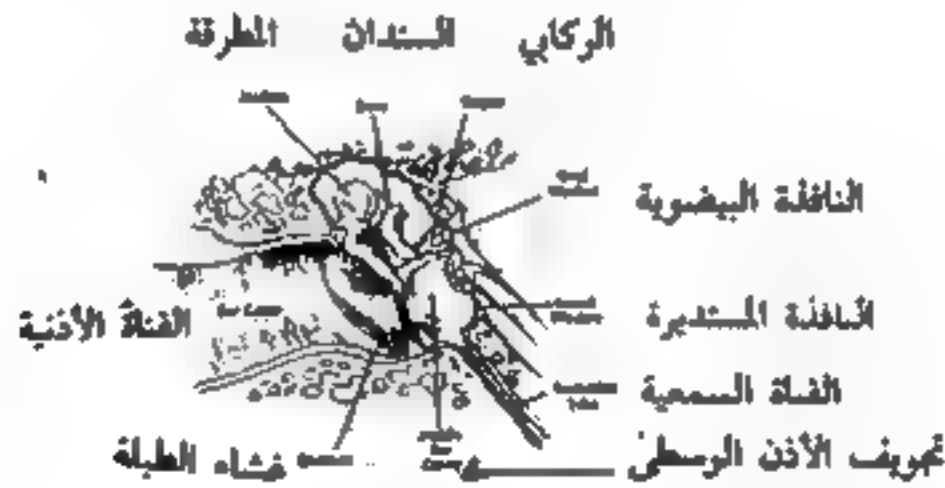
ربما كانت القناة الأذنية عند الطفل والمرأة أقصر من 2.5 سم، ومن ثم فإنها سترن ترددات أعلى. إن تأكيد الترددات العليا التي تزودنا به الأذن الخارجية هام في إدراك الكلام لأن القسم الأكبر من القدرة الصوتية التي تساعد في تمييز الاحتكاكيات إنما يقع في الطبقات الترددية فوق 2000 هرتز.

قبل أن تدع الأذن الخارجية، هل نفسك لماذا غمطت أذنين على جانبي رؤوسنا. ولنعكس السؤال: ماذا يحدث عندما يكون هناك فقدان للسمع في إحدى الأذنين مثل حالة التهاب الغدة النكفية في سن المراهقة؟ إن الأذن الجيدة تسمع على نحو جيد تماماً، ولذلك لن يكون هناك سوى فقدان بسيط للغاية في درجة حدة السمع في الوسط الهادي، أما أحاديث المحافل الكبيرة فتتغلب صعبة المتابعة، حيث يعاق تحديد موقع الصوت. على نحو عادي، يساعدنا وجود أذن في كل جانب من الرأس في تحديد مصدر الصوت. وفي غرفة اجتماعات تصدر فيها الأصوات من كل صوب، يمكن للإنسان الذي يسمع بأذن واحدة فحسب أن ينظر إلى الاتجاه الخطأ وهو يبحث عن موقع المتكلم.

The Middle Ear

الأذن الوسطى

يفصل غشاء الطبلة الأذن الخارجية عن تجويف الأذن الوسطى المليء بالهواء ويسمى في علم التشريح بالغشاء الطبلي. انظر الشكل (5.2):



الشكل 5.2: مخطط لقطع عرضي للأذن الوسطى والعظيمات الأذنية.

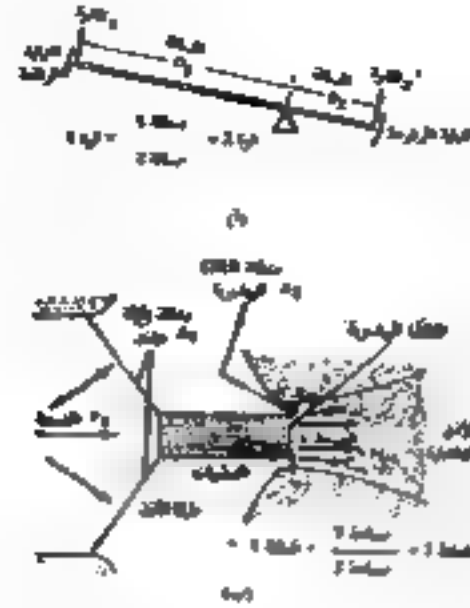
والغشاء الطبلي مقعر قليلاً كما يرى من الأذن الخارجية ويستجيب لتغيرات الضغط الضئيلة عبر نطاق واسع من الترددات. ويمكن تغير درجة شدة غشاء الطبلة بواسطة عضلة تسمى «العضلة الطبليّة الشاذة» التي تسحب تهاب أو قصة.

عظم صغير متصل بداخل الغشاء. يسمى هذا العظم بـ «عظم المطرقة»، ويهتز الغشاء الطلي بكامله أثناء الترددات المنخفضة، أما في الترددات المرتفعة، فإن مناطق مختلفة منه تستجيب للطاقت ترددية مختلفة: وتقع سلسلة العظيمات الصغيرة على وجه الغشاء الطلي الداخلي، وهي ثلاثة عظيمات صغيرة مترابطة وتسمى «العظيمات الأذنية». ويتصل عظم المطرقة الآن بالذکر بالغشاء الطلي، ويعمل عظم السندان نقطة ارتكاز بين العظمين الآخرين، ويتصل العظم الركابي بالنافذة البيضوية العشائية التي تقود إلى الأذن الداخلية. وهكذا، فإننا نرى أن سلسلة العظيمات الأذنية تملأ الفراغ بين الغشاء الطلي وقوقعة الأذن الداخلية. وسلسلة العظيمات الأذنية معلقة في لمحرف الأذن الوسطى المليء بالهواء بواسطة رباطات، وتحتفظ بتلك الوضعية الحساسة بغض النظر عن الوضعية التي يتخذها الجسم، وتبقى حرة في التذبذب استجابة للصوت. تأخذ الاهتزازات في الأذن الخارجية شكل اضطرابات في جسيمات الهواء، لكنها تأخذ شكل اهتزازات آلية للعظيمات الأذنية في الأذن الوسطى. ويستجيب الغشاء الطلي مع العظيمات الأذنية، خاصة للترددات الموجودة في الإشارة السمعية الهامة في الكلام.

ولماذا الأذن الوسطى؟ لماذا لا تكون قوقعة الأذن الداخلية المليئة بالسائل على طرف الغشاء الطلي الثاني؟ المشكلة هي تراوج غير مناسب في درجة المعاوقة أو المقاومة. والمعاوقة هي قوة تقررهما سمات الوسط الناقل نفسه (الغاز، السائل أو الصلب). وهي مقياس مقاومة الوسط لنقل الإشارات. فالتوائل تعرض درجة إعاقاة أو مقاومة أكبر للضغط الصوتي من تلك التي تعرضها الغازات. وعندما تصطدم موجات ضغطية هوائية مطلقة في الهواء بسائل على نحو مفاجئ، يرتد معظم القدرة الصوتية إلى الخلف، ولا يسمح إلا لفائز بسيطة بالدخول إلى السائل. والفوقمة الأذنية مليئة بالسائل، ومن أجل التغلب على الاختلاف في درجة المعاوقة بين الهواء والسائل، نحتاج إلى محوّل يزيد الضغط الصوتي، ومن ثم يُسمح لقسم أكبر منه بالدخول إلى السائل. وتعدّ الأذن الوسطى وظيفة هذا المحوّل.

تضاعف الأذن الوسطى الضغط الصوتي حوالي ثلاثين ديسبلًا. ولا تستطيع العظيمات الأذنية وحدها أن تحدث مثل ذلك التضخيم الكبير في الإشارة على الرعم

من أنها تقوم بعمل رافعة تريد ضغط لصوت القادم حوالي خمسة ديسيلات. انظر الشكل (503).



الشكل 9.3 : يظهر القسم (a) من الشكل مبدأ الرافعة في العظيومات الأذنية. بينما يظهر القسم (b) تأثير الاختلاف في المساحة بين الغشاء العظمي والنافذة البيضوية.

والرافعة هي القوة التي يستخدمها المزارعون منذ الأزل لترع صخرة ثقيلة من الحقل. يوضع عمود فوق نقطة الارتكاز بحيث يصبح قسمه الأقصر تحت الشيء الثقيل، وقسمه الأطول على طرف نقطة الارتكاز الثاني؛ ويحدث المزارع ضغطاً على النهاية الطويلة من العمود. وبنتج عن تعامل نقطة الارتكاز مع المزارع ضغط متزايد تحت الصخرة المراد نزعها. وبالطريقة نفسها تقريباً ينقل الضغط المطبق على عظم المطرقة الطويل نسبياً إلى العظم الركابي الأصغر كثيراً بمساحة عظم السندان.

تضيف عملية الرافعة المطبقة على طول العظيومات الأذنية بعض الضغط للتغلب على عدم التوافق في درجة المعلوكة، لكن القسم الأكبر من زيادة الضغط يأتي من تصميم الغشاء العظمي المتصل بالنافذة البيضوية. إن مساحة الغشاء العظمي تساوي 0.85 سم²، ومعلوم أن 0.55 سم² من تلك المساحة فحسب نشط أو فعال أثناء الذبذبة. وعندما تركز قوة مطبقة على مساحة كبيرة على مساحة أصغر تحدث زيادة في الضغط. والضغط

هو القوة مقسمة على المساحة، ولو كان لزماً نشر قوة على مساحة كبيرة، لكان الضغط في أية نقطة أقل عنه مما لو وزعت القوة نفسها على مساحة أصغر. وقياساً على ذلك لو سقط رميلك على جليد متجمد، فالتصفيحة الصحيحة هي أن تبسط وزنك فوق مساحة واسعة في محاولة الوصول إليه؛ ربما من خلال الاستلقاء منبسطاً، أو بشكل أفضل من خلال توزيع جسمك فوق مساحة أكبر، أو من خلال الزحف على طول سلم. وهكذا تكون أنت نفسك أقل تعرضاً للخطر من التسقوط في الجليد. وسيكون الضغط، في أية نقطة، أقل بكثير مما لو حاولت السير على قدميك باتجاه صديقك. وهكذا عندما تطبق الاهتزازات الصوتية الحاصلة فوق المنطقة الاهتزازية الحساسة من الغشاء الطلي التي تقدر بحوالي 1/55 سم² من العظم الركابي باتجاه المنطقة المقطرة بحوالي 1/13 سم² من النافذة البيضوية، فإن ذلك يحدث زيادة في الضغط تقدر بحوالي خمسة وعشرين ديسبلاً تقريباً. وهكذا نجد أن التوافق في درجة الملوقة في الأذن الوسطى قد أحدث من خلال الفرق في المساحة بين الغشاء الطلي والنافذة البيضوية، الذي يقوي الإشارة بحوالي خمسة وعشرين ديسبلاً، ومن خلال الرافعة التي يزودنا بها تصميم العظيحات الأذنية الذي يضيف حدة ديسبلات أخرى. تتطلب هاتان العمليتان على الضياع الذي تسببه اختلافات درجة الملوقة.

وبالإضافة إلى الوظيفة الهامة في التوافق في درجة الإعاقة بين الهواء وسائل الفوقية الأذنية، فإن آلية الأذن الوسطى تقوم بوظيفتين هامتين أخريين. الأولى: إنها تضعف الأصوات الصاخبة من خلال فعل المنعكس الصوتي والثانية: إنها تعمل، من خلال القناة السمعية، على الحفاظ على ضغط هوائي متساوٍ على جانبي طلة الأذن على الرغم من أية تغيرات في الضغط الجوي.

ويظهر المنعكس الصوتي للميان عندما يصل صوت يبلغ مستواه الضغطي 85 أو 90 ديسبلاً إلى الأذن الوسطى، ينتج عن ذلك انقباض أصغر عضلة في الجسم البشري وهي «العضلة الركابية» في عتق أصغر عظم في الجسم البشري وهو «العظم الركابي». هناك نظريتان لتفسير هذا المنعكس الصوتي تقول الأولى: إنه اسماء حماية الأذن الداخلية من الأصوات العالية نفترض أن انقباض العضلة الركابية يجر العظم الركابي إلى طرف واحد مما يؤدي إلى تغير زاوية الاهتزاز في النافذة البيضوية، من ثم يحرف قسم من الضغط. أما النظرية الثانية فتقول: إن العضلة

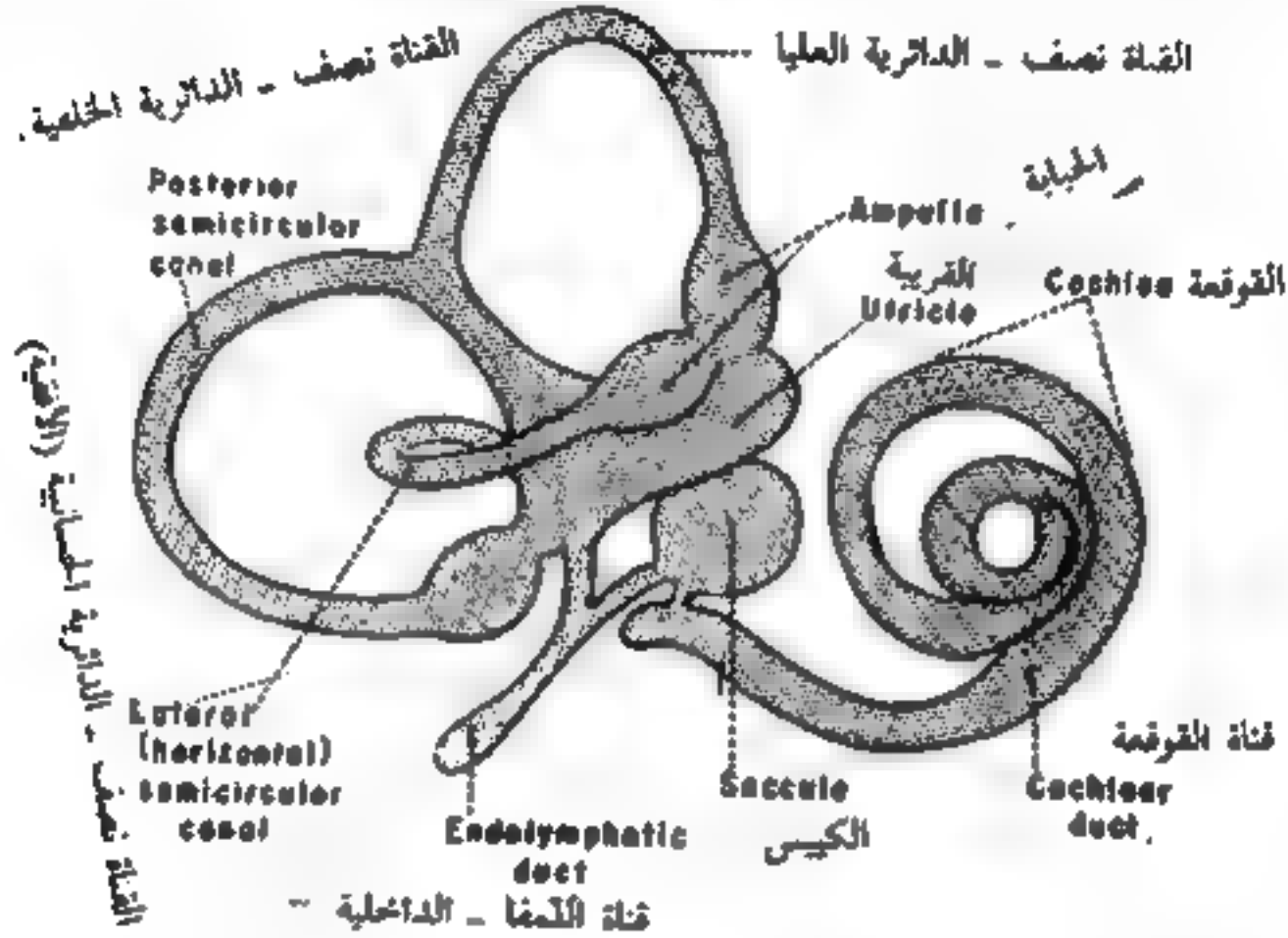
الركابية مع عضلة المجس العظيمة تنصرفان كي تشدا سلسلة العظيقات الأذنية بقوة، ومن ثم تنتظم تغيرات الشدة تماماً مثلما تتكيف العين مع تغيرات الضوء. وفي أي من الحالتين تحتاج العضلة الركابية إلى ميلي-ثانية كي تتحرك مما يسمح للأصوات ذات البداية المفاجئة بالنفاذ إلى الأذن الداخلية قبل أن يحدث للانعكاس الصوتي. وعلى غرار بقية عضلات الجسم أيضاً تعب العضلة الركابية في نهاية المطاف. ولذلك نجد أن تضعيف (تخفيف) الانعكاس الصوتي للصوت في المحيط الصاخب يقل تدريجياً، مما يسمح لتأثير الضغط الصوتي الكامل بالارتظام بالأذن الداخلية. يعصب العصب الوجهي (القحفي السابع) العضلة الركابية، لكنها متصلة على نحو ما بتعصيب الحنجرة (القحفي التاسع) لأن الجهر ينشط الانعكاس الصوتي. ومن المثير أيضاً أن الانعكاس الصوتي يضعف الترددات التي هي دون كيلو هرتز واحد بحوالي عشرة ديسبلات، وكذلك فإن طاقة الصوت البشري الطبيعية هي دون كيلو هرتز واحد بكثير. ويمكن للانعكاس الصوتي أن يمنعنا من سماع أنفسنا هل نمر صاخب جداً لأنه لا يمكننا سماع أصواتنا من خلال الصوت الواصل عن طريق الهواء من خلال أذنا فحسب، بل من خلال الصوت الواصل عن طريق العظم أيضاً عندما تهتز عظام جماجمنا ووجوهنا استجابة لأصواتنا نفسها.

ووظيفة أخرى للأذن الوسطى هي معادلة الضغط داخل الأذن الوسطى وخارجها. ويحقق ذلك من خلال القناة السمعية التي تصل بين الأذن الوسطى والمنطقة الأنفية البلعومية (البلعوم الأنفي). إن طبلة الأذن لا تهتز جيداً إذا كان ضغط الأذن الوسطى يختلف عن ذلك الذي في قناة الأذن الخارجية. ويندفع الضغط المرتفع نسبياً في الأذن الوسطى نحو الغشاء الطبلي مما يسبب في عدم الراحة ويضعف الأصوات الخارجية. ويمكن لقيادتنا السيارة في جبال مرتفعة، أو أن تنخفض بنا طائرة، أن يسبب هذا الاختلاف في الضغط إن عجزت القناة السمعية، التي تكون معلقة عادة، عن الانفتاح حيث ينخفض ضغط الهواء الخارجي على نحو مفاجئ، بينما يبقى الضغط الموجود في تجويف الأذن الوسطى (وهو مساوٍ لما عليه الضغط حين يكون المرء عند مستوى سطح البحر) عالياً نسبياً. يسهل البلع والتأوب والعلك فتح القناة السمعية، وهذا مِمَّا يُمكِّن قيام مصيفي خطوط الطيران بتوزيع علكات للمسافرين في لحظة الإقلاع

The Inner Ear

الأذن الداخلية

يوجد في عظم الجمجمة الصدغي عدة أنفاق ملفوفة الشكل مليئة بسائل يدعى لب الأذن. ويشبه هذا السائل ماء البحر في العديد من صفاته. وتطور في هذا السائل أنابيب ملفوفة مصنوعة من غشاء ومليئة بسائل أكثر لزوجة يسمى باللمفا الداخلية. يصور الشكل (504) تيه الأذن الداخلية الغشائية.

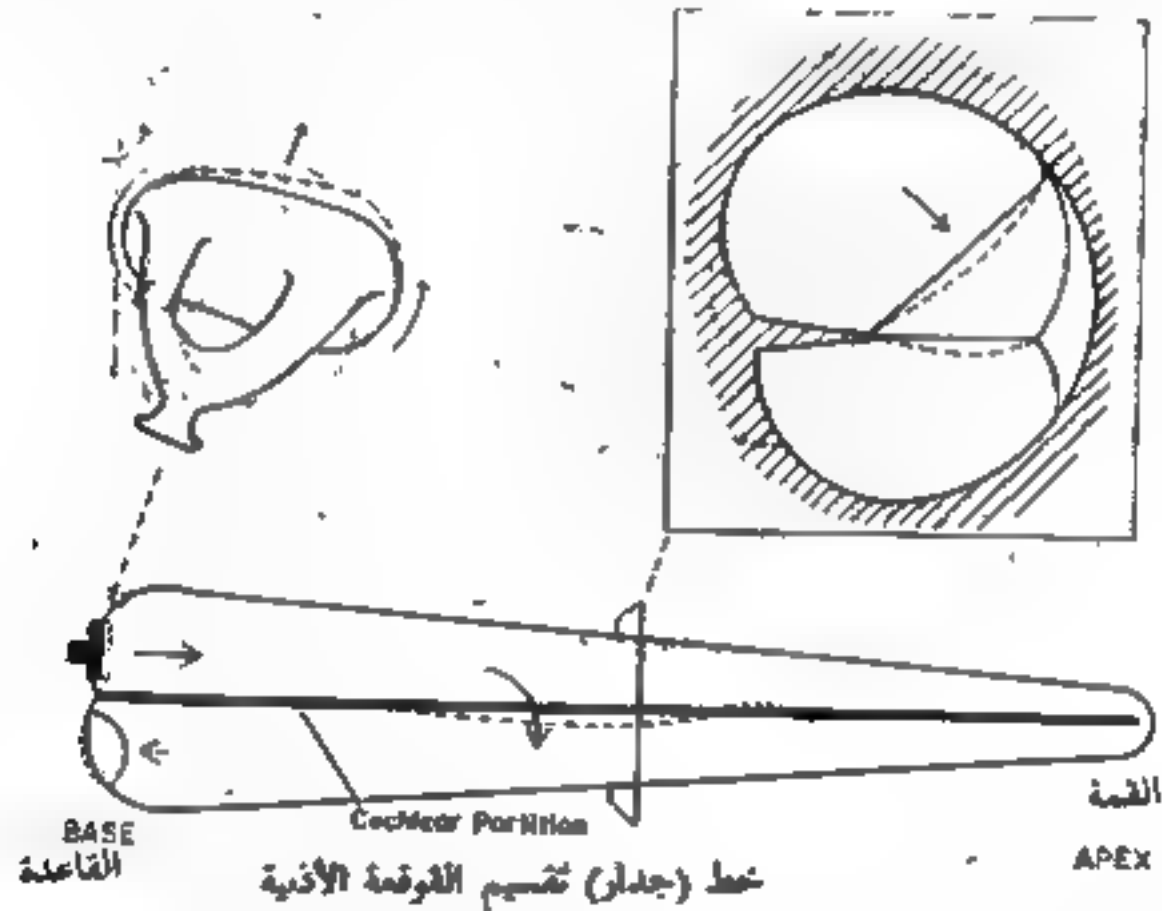


الشكل 5.4 مخطط بياني يمثل أقسام تيه الأذن الداخلية الغشائية.

إن اللفافية الحلزونية الشكل هي السلم المتوسط، وتحتوي على مستقبلات حس السمع، والنظام الثلاثي اللغات. وهو النظام الدهليزي، المؤلف من قنوات نصف دائرية حيث يحتوي بالإضافة إلى الدهليز (المقربة والكيس) الذي يصل بينهما، على أعضاء نحس بتغيرات موقع الجسم وحركته.

سيقتصر وصفنا على قوقعة الأذن الداخلية لأن السمع هو الخطوة الأولى في إدراك الكلام. وعندما يترى صحن العظم الركابي في النافذة البيضوية تحدث اهتزازاته اضطرابات في لفة الأذن الداخلية. تحدث هذه الموجات الضغطية في لفة الأذن المحيط بالسلم المتوسط الحلزوني الشكل اهتزازات في القناة نفسها. وتلك الاهتزازات الحاصلة في قاعدة القناة التي تسمى بـ «التيه الغشائي» ذات أهمية خاصة.

وقوقعة الأذن عند الإنسان منحويّة داخل عظم يلف حول لبّ عظمي ثلاث مرات تقريباً، ويتصل المجرى الغشائي أو السلم المتوسط من الداخل بداحل اللب العظمي ويربطه رباط أو وشاح بالجدار العظمي من الخارج. وربما كان من الأسهل تخيلها لو تصورنا مجوات القوقعة الأذنية منبسطة (غير ملتفة) كما في الشكل (5.5).



الشكل 5.5: يظهر القسم السفلي من الشكل القوقعة الأذنية منبسطة، بينما يظهر القسم العلوي اليميني مقطعاً عرضياً. يضم العظم الركابي، في الراوية العليا اليسرى، بصرب النافذة البيضوية مما يؤدي إلى إزاحة خط تقسيم القوقعة والغشاء القاعدي خاصة.

تحويل الاختلافات الضغطية المطبقة عند العظم الركابي الذي يهتز في الباعدة البصرية إلى اختلافات ضغطية ضمن سوائل القوقعة الأذنية التي تفود هي نفسها إلى إراحات مختلفة في الغشاء القاعدي. ويتمثل جمال الاتساق في أن أقساماً مختلفة من الغشاء القاعدي تستجيب لترددات مختلفة. والغشاء ضيق وقاس في قاعدته، ويصبح أكثر عرضاً ومرونة عند قمته (عكس ما يمكن أن يتوقعه المرء). ونتيجة لذلك، تصدر الأصوات ذات الترددات المنخفضة موجات تنطلق في السائل الذي يدفع الغشاء القاعدي لأن يهتز بأعلى سمات الإزاحة في القسم الأوسع والأكثر رخاوة. ومن الناحية الأخرى، تسبب الأصوات ذات الترددات العالية موجات ضغطية تكون أعلى سمات لإزاحة فيها في القسم الأنحف والأقصى من قاعدة الغشاء القاعدي، الشكل (5.6).



القاعدة = 0.14 ملم

يبلغ العرض عند القمة 0.50 ملم.

بينما يبلغ متوسط العرض عند اللفة

القاعدية 0.21 ملم، ويبلغ 0.34 ملم

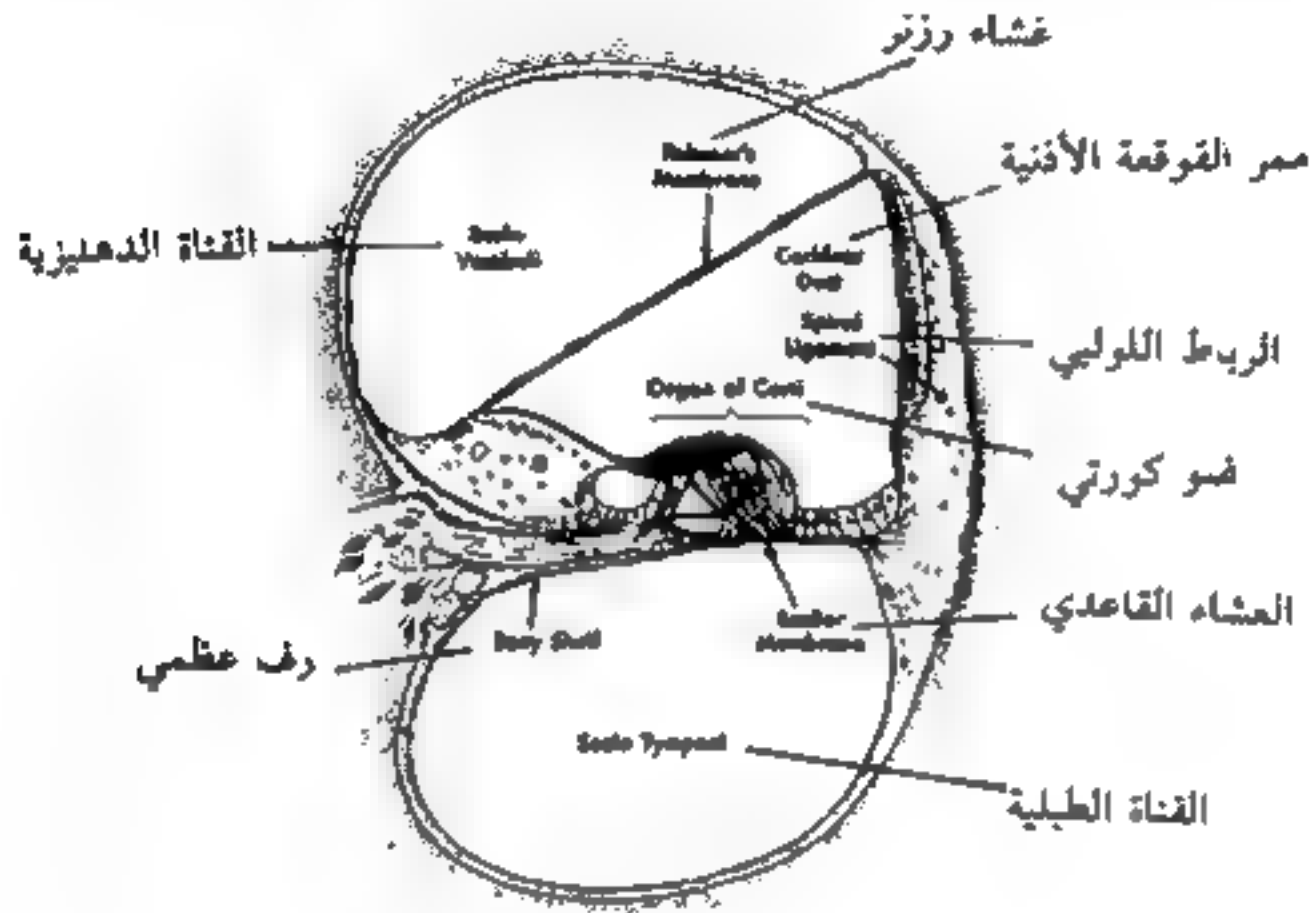
عند اللفة الوسطى. و 0.36 عند

اللفة في القمة. ويبلغ الطول 32 ملم.

الشكل 5.6: مخطط بياني يظهر عرض الغشاء القاعدي (مضخم نوعاً ما) وهو يقترب من قمته. كما أشير إلى مواقع السمة القصوى التقريبية التذبذبية استجابة لتغيرات ذات ترددات مختلفة.

لكن الغشاء القاعدي ليس عضو السمع، على أية حال. إن عضو السمع هو عضو كورثي الذي يستلقي على الغشاء القاعدي على طول السلم المتوسط. إنه هو المنحس السمي. وهو يتألف من صفوف من الخلايا الشعرية مع خلايا أخرى تقوم بتقديم الدعم. وتقع فوق آلاف الخلايا الشعرية كتلة هلامية تسمى الغشاء السقفي. يتصل الغشاء القاعدي والغشاء السقفي بمواقع مختلفة من السلم المتوسط، ولذلك فإنها

يتحركان منفصلين نسبياً. يظهر الشكل (57) مقطعاً عرضياً في الموقعة الأذنية. يقسم السلم الطبلي والسلم الدهليزي اللذان يحتويان على ملف الأذن طرف السلم المتوسط. وتتشبّه الموجات الضغطية في ملف الأذن موجات تنطبق ضمن السلم المتوسط، وفي صورة لما تنزك بعد تسبب حركات الغشاء القاعدي المتموجة إثارة الخلايا الشعرية، يقص الغشاء السقفي فوق الخلايا نهايات الحلاب الشعرية، والنتيجة هي إثارة كهربائية - كيميائية للألياف العصبية التي تخدم الشعرية الحساسة



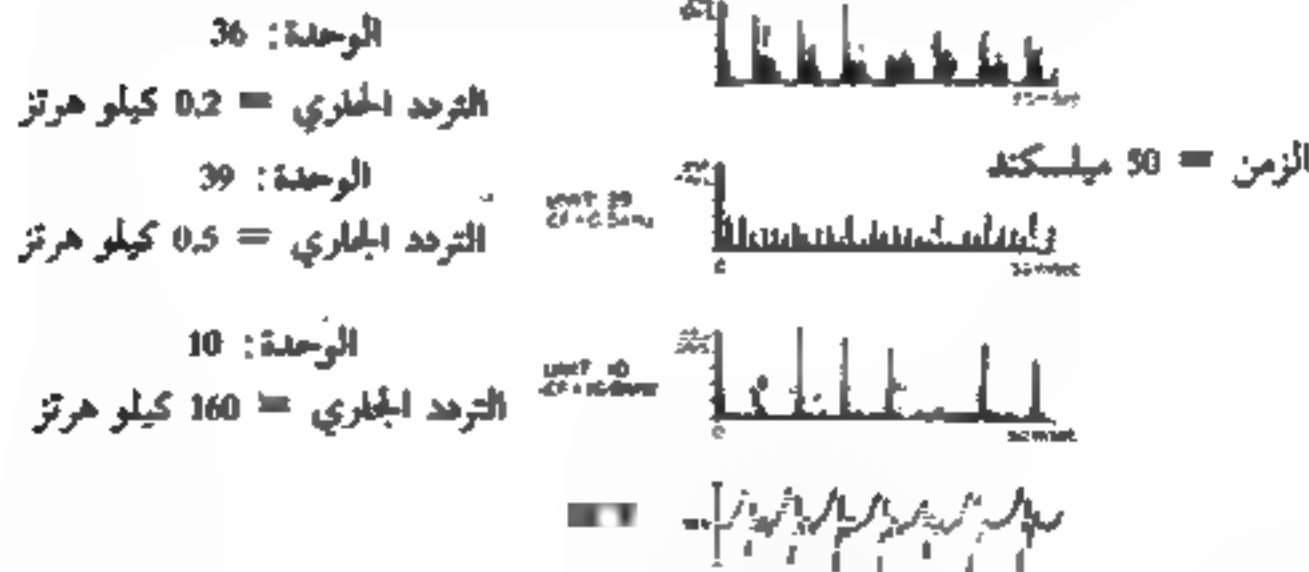
الشكل

الشكل (6.7) مقطع عرضي عبر القوقعة الأذنية يظهر للقناة العظمية والقناة الطولية ومجرى القوقعة، يقع عضو كودرتي ضمن مجرى القوقعة

تقوم قوقعة الأذن بتحليل للترددات عملاً مثل تحليل فوريير الذي يحلل الأصوات المركبة إلى تردداتها المركبة. بسبب الصوت [i] كما في «ice» عدة موجات تنطلق على طول لغشاء القاعدي بنقطتين من نقاط الإزاحة القصوى على الأقل. الأولى قرب القمة من أجل الرنين المنخفض والأخرى قرب قاعدة القوقعة من أجل الرنين الأعلى. ولو قال المتكلم «ice» فتكون الإزاحة القصوى الأولى في الغشاء القاعدي في البداية قريبة من قاعدة القوقعة الأذنية بسبب الترددات العالية للصوت [s]، وكذلك ستكون الموجة لا دورية أثناء [s]؛ وتصبح دورية خلال قسم الكلمة المجهور. إن كلاً من نظرية «الموجة المسافرة» ووصف تلوج قسوة الغشاء القاعدي «حصيلة عمل جورج فون بيكسي المتأخر».

تستخلص المعلومات الترددية من الإشارة بواسطة العوامل المتحدة لمكان الإثارة الذي يثير أو ينشط الألياف العصبية الحسية في ذلك المكان على طول الغشاء القاعدي. وتلك وجهة نظر «نظرية المكان» التي وصفناها نواً، وكذا بواسطة توقيت النبضات على طول الألياف العصبية. وقد ذهب آرنست جلن ويفر (Ernest Glen Wever) إلى أنه في الترددات المنخفضة لن تكون الإزاحة حادة على نحو كاف لتمييز الترددات عن طريق المكان، بل يمكن بدلاً من ذلك الإشارة إليها من خلال عد الدورات في الثانية الذي يحول إلى عدد مناظر من تجمعات النبض العصبي في الثانية. انظر (الشكل (5.8)).

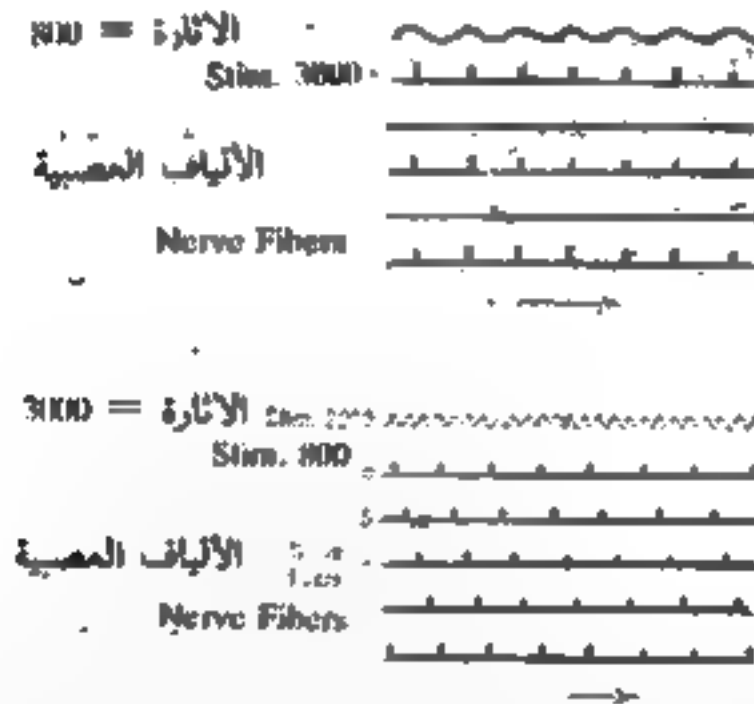
عدد الدورات في الثانية



الشكل 5.8: استجابات عصبونات منفردة في العصب السمعي التقطت لقسم من الصائت [æ]. يمثل الرسم السفلي الإشارة السمعية الفيزيائية. بينما تمثل الرسوم الثلاث

العليا استجابات ثلاث وحدات عصبية مختلفة. لاحظ أنه على الرغم من امتلاك الوحدات المختلفة ترددات إطلاق مختلفة لكنها تحصد علاقة ثابتة بالإشارة الفيزيائية.

أما في الترددات العالية، فربما كان المكان مهماً للإشارة للتردد، لأنه لا يمكن للعصبونات أن تطلق في الترددات العالية جداً. وإمكانية أخرى هي نظرية «ويفر الرشفية». حيث تعملون عدة عصبونات في البث العصبي في الترددات العالية (الشكل 5.9). إن ترميز الشدة على درجة من التعقيد لا تقل عن ترميز التردد. لكنه يعتقد، على أية حال، أن الشدة تنقل أساساً من خلال درجة النبضات العصبية النسبية كما هي الحال في كامل الجسم.



الشكل 5.9: مخطط بياني يوضح مبدأ الرشف عند ويفر. يمكن للعصبونات أن تطلق منمرة في كل دورة من المؤثر أثناء الترددات المنخفضة، أما في الترددات العالية، فيشار إلى التردد من خلال الإطلاق المنظم لمجموعات العصبونات.

The Auditory Nerve

العصب السمي

يتألف العصب السمعي أو (الشحني الثامن) من عصبية ألياف يبلغ ثلاثين ألف ليف عصبي تحمى القوقعة الأذنية ويخرج كل عصب من خلايا شعرية، وتثير كل خلية شعرية عدة ألياف عصبية. ويلتقط فرع آخر من العصب الثامن القحفي معلومات من الأصوات المصنفة - دائرية. وعندما تثار الألياف عصبية بوساطة إثارة الخلايا الشعرية، فإن التحليل الترددي الذي يقوم به عضو كورثي يصمم أكثر بسبب كثث جاسي، فعندما يثار مكان محدد على طول الغشاء القاعدي إلى درجته القصوى، فإن الخلايا والألياف المحاورة تكبت استجابتها بحيث يصبح التأثير أكثر حدة.

والمسافة التي يقطعها العصب الثامن حتى يمر بين القوقعة الأذنية وفص الدماغ الصدغي ليست بعيدة. فهو موجود في العظم الصدغي من خلال القناة السمعية الداخلية ويدخل جذع الدماغ حيث يتلاقى النخاع المستطيل بالجسر. وفي جذع الدماغ تتقاطع أو تتصالب معظم الألياف العصبية القادمة من كل أذن في طريقها إلى الجهة الجانبية المعاكسة. وفي تلك النقطة تتم المقارنة بين الإشارات القادمة من كل أذن كي تحدد موقع الأصوات. ويعتقد أن ألياف العصب الثامن في جذع الدماغ ربما كانت متخصصة بالنقاط بعض السمات السمعية المحددة. ويكون مثل ذلك التخصص مهماً في النقاط التحيزات الهامة في عملية تحليل الكلام. ومن جذع الدماغ، يعبر العصب الثامن نحو الدماغ الأوسط ومنه إلى العصب الصدغي. وعلى طول الطريق تنفرع الألياف نحو المخيخ وإلى شبكة من جذع الدماغ تعمل على تركيز الانتباه. ونهبط الألياف الحركية من العصب السمعي أيضاً للصبط والسيطرة على حساسية القوقعة الأذنية.

وعندما تصل الإشارات إلى الحاء القص الصدغي السمعي تحتفظ بترتيب مكان التردد الحاصل في الغشاء القاعدي. وفي عرض ثلاثي الأبعاد على طول قسم العصب الصدغي العلوي، تثير إثارة الترددات المنخفضة قرب قمة القوقعة الأذنية طبقات الخلايا اللحائية على طول الجزء الجانبي من المنطقة السمعية الرئيسية، بينما تسجل إثارة

الترددات العالية في قاعدة القوقعة الأذنية في عمق من الخلايا ضمن الشق الخاسي إن هذا التمثيل «الطبوغرافي» موجود في كل من القصين الدماغيين. وتأتي معظم الإسهامات إلى كل فص من الأذن الجانبية المعاكسة. وهكذا تنفذ عملية السمع، لكنه يجب معاملة الإشارة على نحو أطول حتى ندرك أو نفهم ما نسمع. وستفصل معاملة أصوات الكلام اللغائية على نحو موسع، في هذا الفصل، عندما تناقش السبب النفسية - الفيزيولوجية لإدراك الكلام.

Perception of Speech

إدراك الكلام

هناك دليل على أن النظام السمعى مولف خاصة للكلام. لو إن نظرنا إليه من وجهة نظر تطورية أمكننا القول إن آليات الإنسان الكلامية وآليات السمعية تطورت جنباً إلى جنب، ولذلك فإن سماع الأصوات الكلامية هو أفضل ما تسمعه الآليات السمعية. وإن نحن نظرنا إلى المسألة من منظار اللغويات التاريخية، أمكننا أن نعتبر أن لغات الأرض قد تطورت مستفيدة من (وفي الوقت نفسه مقيدة) من آليات الإنسان الكلامية والسمعية. وعلى غرار ما سنكتشف فيما بعد، في هذا الفصل، فإن الأطفال يصنفون، وفقاً لمقدراتهم السمعية في التمييز، الأصوات الكلامية ضمن مجموعات تشبه تلك المستخدمة في عدة لغات والمصنفة في أصناف مميزة أو فوهمات.

ولو افترضنا جدلاً أننا مصممون على أن نفهم وندرك الأصوات الكلامية نفسها التي نحن مصممون أيضاً على إصدارها، لبقيت العمليات التي يضمها إدراك الكلام مكتنفة بالغموض. ويشير الدليل إلى أن إدراك الكلام مظهر متخصص من المقدرة الإنسانية العامة، وهي مقدرة بحث الأنماط وتمييزها. والأنماط في هذه الحال أنماط سمعية، وقدر كبير من هذا الفصل سيصف الأغاظ السمعية التي يستخدمها المستمعون بوصفها دلائل في فهم الكلام. وغالباً ما تكون الدلائل زائدة بما يسمح حدوث إدراك الكلام في ظروف صعبة. ونادراً ما تصدر الأصوات الكلامية مفردة كما فصداً في الفصل الرابع، أنها تتداخل ويؤثر كل صوت في الآخر نتيجة لإصدارها. وبمعنى هذا، في إصدار الكلام أن الأصوات الكلامية ليست منفصلة أو مستقلة في أغلب الأحيان على غرار ما يمكن المرء فعله في فصل الحروف في الكلمة المكتوبة،

ولذلك يجب على المستمع أن يستخدم السياق في فك رموز الرسالة، وغالباً ما يفهم الصوت الكلامي ضمن فهم أي للمعلومات السمعية المجاورة. وبالإضافة إلى ذلك، هناك دليل على أن إدراك الكلام هو وظيفة متخصصة إلى حد ما وجانبية في الدماغ وذلك موضوع ستبحثه بشيء من التفصيل فيما بعد. وأخيراً ستناقش، في هذا الفصل، بعض النظريات الجارية في إدراك الكلام.

دلائل سمعية في إدراك الكلام Acoustic cues in Speech Perception

إننا نعلم من دراسة الأطياف الكلامية أن الأنماط السمعية معقدة ودائمة التبدل. هل يستخدم المستمع كل هذه المعلومات، أم أن هناك أجزاء من الأنماط السمعية أكثر أهمية لإدراك الكلام من الأجزاء الأخرى؟ وقد استطاع علماء الكلام بواسطة تركيب الكلام أو لصق الشريط أن يبدلوا المتغيرات المختلفة في الإشارة السمعية، واختبروا بعد ذلك المستمعين في اكتشاف آثار ذلك في إدراك الكلام.

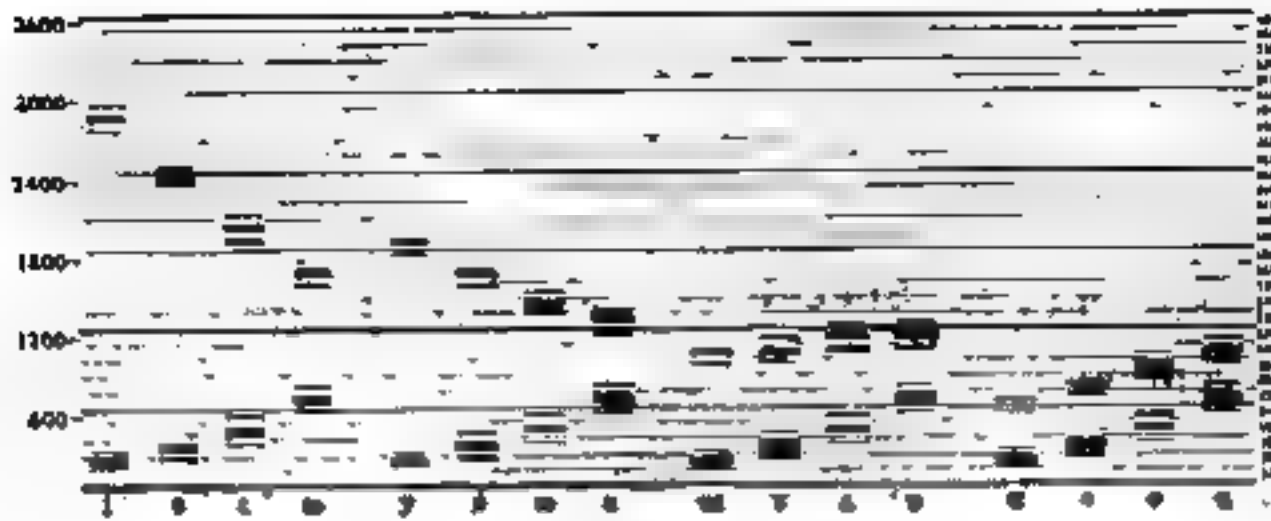
لقد فصلنا في الفصل الرابع القول في إصدار الأصوات الكلامية في أصناف عامة وفقاً لاسلوب النطق، ابتداءً من الصوائت التي تتطلب إصدارها مجرى صوتياً أكثر انفتاحاً إلى أصوات الوقف والأصوات الاحتكاكية ذات المجرى الأكثر خفياً. حاولنا شرح كل صنف ضمن شروط مسانه النطقية بالإضافة إلى السمات السمعية. وستتبع الترتيب نفسه هنا. سبدأ بمناقشة إدراك الأصوات الكلامية

Vowels

الصوائت

تقع الدلائل السمعية لعهم الصوائت في الأنماط التي يشتملها رنين المجرى الصوتي (التشكيلات الموجية المميزة) عند التكلم. لكن أنماط التشكيلات الموجية المميزة ليست كافية بما هي كذلك دائماً لعملية التحديد والتعيز التي يقوم بها المستمع فهي بداية الخمسينيات قام ديلاتر، وليرمان، وكوبر وجيرستمان بتركيب صوائت بواسطة رسم التشكيلات الموجية المميزة على آلة قارئة النمط (كما وصفت في الفصل

الثاني) بانتظام مغيرين ترددات التشكيلات الموجية المميزة في بحث عن أفضل انماط يمكن للمستمع أن يقرنها بكل صاوت بمفرده (الشكل 5.11).



الشكل 5.10: صواوت مصطنعة مؤلفة من تشكيلين موجيين مغيرين اثنين كما رسمت (دعنت) على قارة المسط في مختبرات هاسكنس.

وقد اكتشفوا أن المستمعين يحتاجون عادة إلى تردين موجيين مميزين فحسب من الترددات الطبيعية التي تصدر حتى يستطيعوا تحديد الصوائت، واكتشفوا أيضاً أنه، على الرغم من احتياج المستمعين لتشكيلين موجيين مميزين لتحديد الصوائت الأمامية، يمكن لتردد واحد أن يكون كافياً لتحديد الصوائت الخلفية على نحو تقريبي. وقد اكتشف جبر فانت في مخبره في السويد أفضل تشكيلين موجيين مميزين تختلف فيهما الصوائت المصطنعة هل نحو منتظم عن الصوائت الطبيعية. وقد وجد أنه ينبغي أن يكون التشكيل الموجي الثاني عالياً جداً في f_2 قريباً جداً من التشكيل الموجي المميز الطبيعي الثالث. أما في بقية الصوائت الأمامية فقد وجد أن أفضل مكان للتشكيل الموجي المميز الثاني هو ما يمكن أن يكون التشكيل الموجي الثاني والثالث طبيعياً. أما الصوائت الخلفية فقد ركبت أو شكلت في أحسن شكل لها عندما كان التشكيل الموجي الثاني قريباً من التشكيل الموجي الثاني الطبيعي. أما في إدراك الكلام فقد بدا أن التشكيل الموجي الثالث أكثر أهمية في الصوائت الأمامية منه في الصوائت الخلفية.

لكن أنماط التشكيلات الموجية المميزة لا يمكنها وحدها أن تؤمن إدراك المستمع للصوائت بسبب عشكيتين: الأولى: تنوع أحجام المجري الصوتي التي تصدر التشكيلات الموجية المميزة. إننا نعلم من دراسة بيترسون وبارني التي ذكرت في الفصل الرابع أن الرجال، والنساء والأطفال يصدرون الصائت نفسه ولكن بترددات موجية مميزة مختلفة. ويختلف الأفراد ضمن المجموعات أيضاً، وما يجعل الأمور أكثر تعقيداً أنه لا توجد صيغة بسيطة تسمح للمستمع أن يتعلم الترددات. فالنساء لا يملكن مجاري صوتية أقصر من تلك التي يملكنها الرجال، ولكنهن يملكن أشكالاً للمجري الصوتي مختلفة. فالمجري الصوتي عند النساء أقصر من ذلك الذي عند الرجال بحوالي 2 سم عند البلوغ، بينما لا يبلغ قصره سوى 1.25 سم في التجويف الفموي، وهكذا، يجب على المستمعين أن يستخدموا أنماطاً عامة لعلائق التشكيلات الموجية المميزة بدلاً من الترددات الدقيقة أرحتى نسبة صحيحة أو مضبوطة منها

والمشكلة الثانية التي تواجه المستمعين في تحديد الصوائت هي أن الصوائت غالباً ما تتحدد لحدها في معدل الكلام العادي. وقد أظهر لنديلوم أن الصوائت تتشابه كثيراً عندما لا تنبر وتشبه */a/* أيضاً. فكل سبيل المثال سرعته التشكيل الموجي الثاني في */a/* بينما سيهبط في */u/*، وهذا يجب على المستمع أن يستخدم الدلائل السياقية بالإضفة إلى أنماط الترددات الموجية المميزة في مساهم لتحديد الصوائت. وقد أظهر لاد فوجد وبرودينت «Broadbent» أنه يمكن للمستمعين أن يستخدموا صوائت أخرى لتكلم ما في عملية تنظيم أطوال المجري الصوتي المختلفة. وفي دراستها، شمع الصائت في كلمة إما كـ */u/* أو كـ */au/*، واعتمد ذلك على أي من الصوتين الآخرين استخدم في قول العبارة الناقلة. وقد اقترح ليرمان أن يمكن للمستمعين أن يستخدموا الصوائت */a/*، */u/* و */au/* في رسم المجري الصوتي للمتكلم أو محصه، وقد طور جيرسلمان (Gerstman) لومارتماً يمكن أن يستخدمه حاسوب في تقدير ترددات التشكيلات الموجية المميزة في الصوائت إذا ما غُذي بترددات الصوائت القصوى */u/*، */a/* و */au/*.

ويقترح نوردمستروم (Nordstrom) ولنديلوم أنه يمكن للمستمعين أن يقدروا طول المجري الصوتي الكامل في محاولة أولية، ويستخدموا، بعد ذلك، عامل مصاعمة

متدوياً بسيطاً في تعديل النمط الموجي المميز. وإن هذا الإجراء التناظمي ممكن عن الرغم من عدم وجود خاصية خطية بين اختلافات حجم الفم والبلعوم لكنه ليس معروفاً، على أية حال، إن كافي المستمعون البشر يستخدمون مثل هذه الحسابات وقد أظهر هيربرج، سترينج، شانكوفلر وإيدمان (Verbrugge, Strange, Shankweiler & Edman)

أن المستمعين يتركزون الصوتيات على نحو أدق عندما يكون هناك صائت واحد على الأقل بوصفه سياقاً. ويبدو أنه يمكن للمستمعين أن يشتوا النمط الموجي المميز لمجري صوتي معين وفق مبدأ يعتمد على برهان من مقطع مؤلف من صائت - صائت ثل صائت - صائت.

إن إدراك الصوتيات سهل لأنها مجهورة، ومن ثم تمتلك شدة عالية نسبياً، فالجري الصوتي مفتوح نسبياً أثناء إصدارها. وهكذا يصدر رنين بارز، وغالباً ما تلت الترددات الموجية المميزة مدة مائة ميلي - ثانية أو كذلك مما يسمح للمستمع إدراك النمط الموجي المميز. ويستفيد المستمع من أجزاء الكلام الأخرى في تقرير حجم المجري الصوتي التقريبي، ومن ثم يعرف ما طبقات الترددات التي يتوقعها لأنماط التشكيلات الموجية المميزة. وأخيراً تستخدم معرفة اللغة، ونظام الصوتيات، وقوانين النبرة، خاصة في تقفي أثر تغيرات الصائت في الكلام العادي.

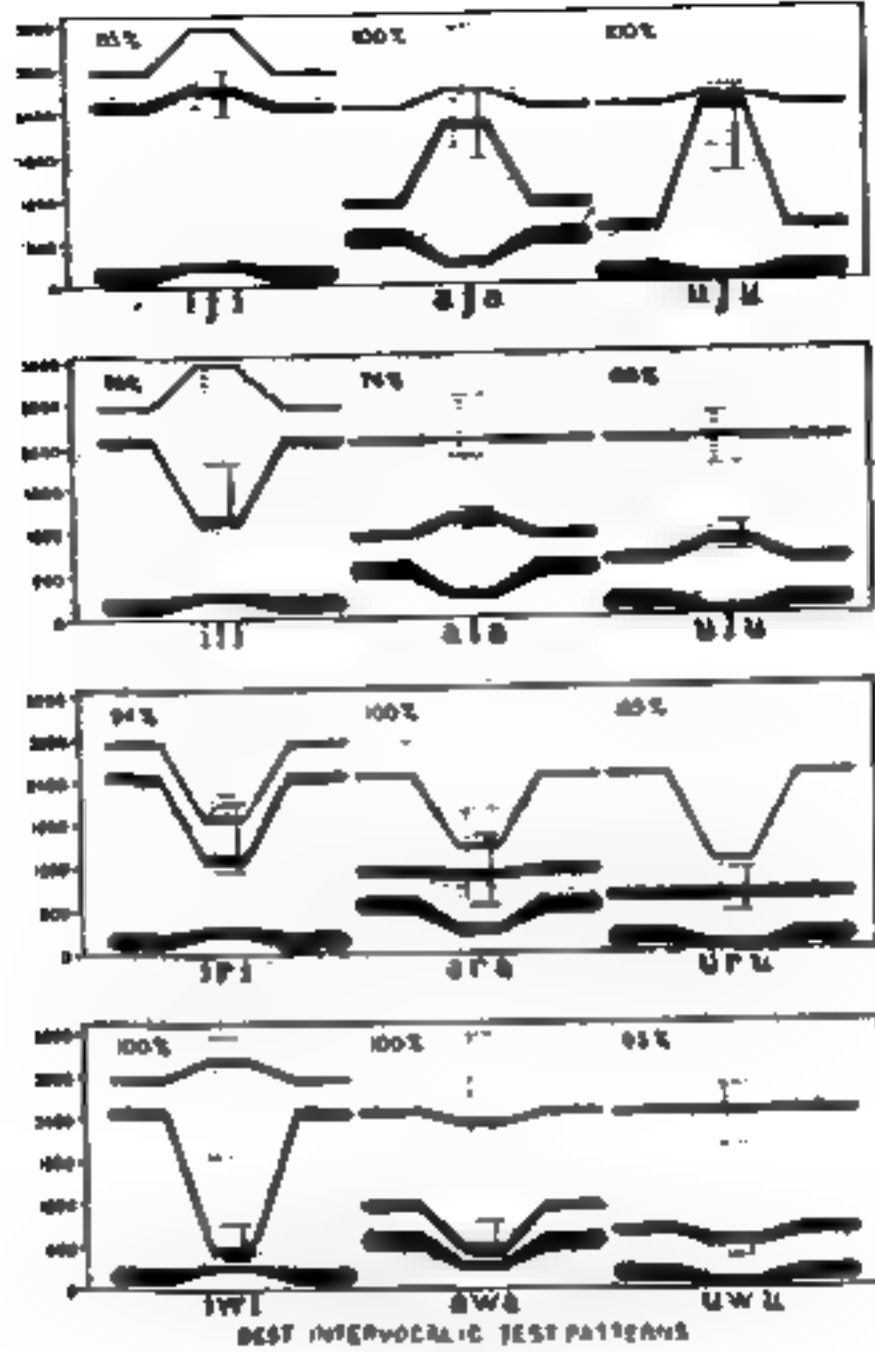
الصوائت الثنائية

Diphthongs

نكشف الصوتيات الثنائية المركبة المستخدمة في اختبارات السمع عن أن التشكيلات الموجية المميزة المتزلفة هي أدلة سمعية كافية في عملية التحديد والتمييز. وعلى نحو أمروحي، هناك، بالإضافة إلى الانزلاق، نمط تشكيل موجي ثابت لمدة وجيزة عند بداية كل انزلاق ونهايته. وقد يدل جي (Gay) بانتظام مدة انزلاق التشكيل الموجي الثاني، ووجد أن معدل تغير التردد دليل أهم من ترددات التشكيل الموجي الدقيقة في نهاية الصوتيات الثنائية (/au/، /ai/، /ɔɪ/).

ان الأصوات /e/، /ɛ/، /i/ و /ɪ/ كما في «yet»، «red»، «wet» و «led» هي أصوات مجهورة كما هي الحال في الصوتيات وأنصاف الصوتيات، وتتصف ترددات تشكيلات مميزة تسمى «تحويلات» أو «انتقالات» تحدث تحولات التشكيلات الموجية المميزة في الصائت إذا سبق الصائت أو أتبع بصامت، ويعكس ذلك تغيرات في الرنين عندما يتحرك المجري الصوتي من منطقة الصامت الأكثر ضيقاً. وان تحولات التشكيلات الموجية المميزة التي تشكل الصوتيات الثنائية وأنصاف الصوتيات هي الدلائل السمعية الهامة في تحديد أنصاف الصوتيات وأنصاف الصوتيات نفسها. وماله أهمية خاصة في فهم أنصاف الصوتيات انزلاقات التشكيل الموجي الثاني، وفي بعض الحالات، انزلاقات التشكيل الموجي الثالث. وتتميز أنصاف الصوتيات عن الصوتيات الثنائية بتحويلات التشكيلات الموجية المميزة السريعة التي تجعلها أشبه بالصامت

ووجد أوكونر (O'Connor) وجيرستنثا ولبرمان وديلاتر وكوبر أنه في الإمكان تركيب /w/ و /ɪ/ مقبولين إدراكياً بتشكيلين موجيين مميزين فقط. وليس هذا الاكتشاف مدهشاً إذا ما تذكرنا أن /w/ يبدأ بنمط تشكيل مميز مشابه /u/ وان /ɪ/ يبدأ بواحد شبيه بذلك في /i/. لكن إدراك /ɪ/ و /i/ يحتاج إلى ثلاثة تشكيلات موجية مميزة عادة، وأن التشكيل الموجي المميز الثالث هو الذي يميزهما. ففي /i/ يكون F_3 أدنى من ذلك في /ɪ/ ولذلك فإنه في سياق صائت، يجب حل F_3 أن يصعد من التشكيل المميز في /i/ إلى ذلك الموجود في الصائت. أما في /ɪ/ فتجد أن F_3 أعلى، ولا يغير تردده في معظم سياقات الصائت. والتشكيل الموجي المميز الثاني هو الذي يميز أنصاف الصوتيات، حيث إنه منخفض في /w/، وفي تردد وسط في /i/ و /ɪ/ وعال في /i/. وعلى الرغم من أن F_1 ليس دليلاً سمعياً مهماً كـ F_2 و F_3 ، يجب أن يكون منخفضاً للحصول على /w/ و /ɪ/ جيدين، ولا يجب أن يكون منخفضاً كثيراً في /i/ وإلا رن الصوت الجانبي وكأنه الأمي /u/. ونجد غمطاً أفصل لـ /aɪ/، /aʊ/، /aɪ/ و /aʊ/ و /aʊ/ دهما ليسكر (Lisker) لقارئة النمط واختبرت على مستمعين مرهفي السمع في الشكل (511). ولاحظ أن الدلائل السمعية التي قدمت في /i/ كانت كافية نسبة لـ 74% (فحسب مقارنة بـ 100% في تحديد أنصاف الصوتيات الأخرى

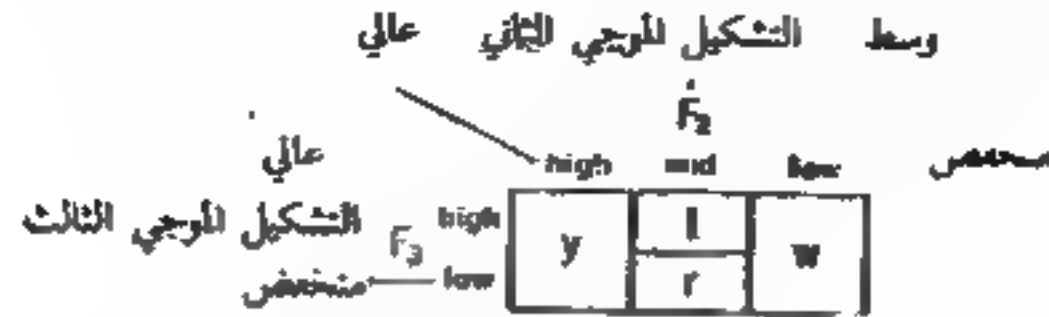


أفضل أنماط اختبار تتخللها صوائت

الشكل 5.11: أنماط صغية مركبة من ثلاثة ترددات موسية مميزة لـ /a/, /ɔ/, /u/ و /w/ مع الصوائت /a/، /ɔ/ و /u/. طلب من المستمعين أن يحددوا كل سلسلة من الأنماط بوصفها واحداً من المنبهات الأربعة. والأنماط الموجودة هنا هي التي ميزها المستمعون بدقة وثبات كبيرين.

يجب أن يكون هناك دلائل سمعية أكثر من أجل الحصول على صوت جانبي غير غامض.

يلخص الرسم البياني لـ F_2 و F_3 علائق التشكيلات الموجية المميزة التي استخلصها المستمعون.



الشكل 5.12 : الخطوط التي يصف علائق التشكيلات الموجية المميزة لأصوات 'y' ، 'w' ، 'r' و 'l'.

Nasal Consonants

الصوامت الأنفية

يمكن حساب إدراك الأنفيمات منقسماً قرارين: الأول: تبعاً لكون القسم أنفياً أو غير أنفي، ثم تبعاً لكون مكان نقطة شعوراً /m/ منخياً، /n/ أو حلقياً - حنكياً /ŋ/. واكتشف ميرملشتاين (Mermelstein) من خلال تقسيم الكلام الطبيعي بوساطة الحاسوب أن أقسام التحولات من اللمعة الأنفية - واليهما تمثل دلائل مؤثرة في النقاط الأنفية وتحديدتها بوصفها صنفاً محدداً من الأصوات. ويضم التبذل الواضح في طيف صائت صادر عن فم مفتوح إلى صوت أنفي، كما ذكرنا في الفصل الرابع، إضعاف التشكيلات المميزة العليا بسبب الرنين المضاد وإضافة رنين دون الخمسمائة هرتز، يتركز غالباً حول منطقة 250 هرتز. يمكن للمستمع أن يستخدم نفس الشدة الكامل من الصائت إلى الصوت الأنفي بوصفه دليلاً سمعياً وتمثل اللمعة الأنفية ذات التردد المنخفض دليلاً كافياً عندما تحذف التشكيلات الموجية المميزة العليا في الأصوات الأنفية المركبة في قارئة النمط. أما في مقاطع الصائت - الصامت في الكلام الطبيعي، فيمكن الاستدلال على الأنفي الأخير بوساطة الصائت. واكتشف علي وكالاغر (Callagher)، وجولد شتاين، (Gold)

(stem) وانديلوف (Daniloff) من دراسة لصق الشريط أنه يمكن للمستمعين أن يدركوا صفة الأنفية المتنامية أو المتطورة في قسم الصائت حتى لو حذفت الصوائت الأنفية وتحولتها المباشرة كاملة. ومن السهل، خاصة، أن يدرك المستمعون الصوائت المفتوحة بوصفها أصواتاً أنفية. ومبعث ذلك أن الصوائت المفتوحة ينقصها رنين الترددات المنخفضة إلا إذا أصحرت مع صوت أنفي. أما الصوائت المرتفعة مثل /i/ و /u/ فتتملك في العادة رنين تردد منخفض، ولذلك فهي أكثر مشابهة في السمع للأصوات الأنفية.

ويُستدل على إدراك مكان نطق الصوت الأنفي أساساً باتجاه التحويلة (خاصة F_2) نحو صائت مجاور. ووجد كوبر، وديلاتر ولبرمان ويورست (Borjst) وجيرستمان أنه يمكن تركيب الأنميات /m.nŋ/ لقارئة النمط بتحويلات التشكيلات الموجية المميزة المستخدمة في تركيب /b.d/، /t.d/ و /k.g/ نفسها على التوالي. ووجد ماليكوت (Malcolm) من خلال لصق الشريط في الكلام الطبيعي أن المستمعين استخدموا اللمدمة الأنفية نفسها بوصفها دليلاً صغيراً على مكان النطق، في حين أن الدليل القوي على مكان النطق كان متمثلاً في التحويلة. وبعد إزالة التحويلة بين حالات الصائت الثابتة واللمدمة الأنفية وُجد أن المستمعين كانوا أقل مقدرة على التمييز لأي أنفي كانوا يسمعون. وهناك دلائل ثرديدية وأخرى متعلقة بالزمن موجودة في التحويلات، حيث تتميز تحويلة /m/ بأدى تردد وأقصر مدة، أما في /n/ فتكون التحويلة أعلى في ترددها وأطول في مدتها قليلاً. في حين أننا نجد أعلى تردد وأكثره بدلاً وأطول فترة في /ŋ/. ويمكن إرجاع فرق المدة في التحويلة بين /n/ و /ŋ/ إلى أن مؤخرة اللسان أبطأ في تحركها من مقدمته. أما كيف يمكن للمستمعين أن يتقلوا سريعاً بين التحويلات، ويستنبطوا أدلة اللمدمة الأنفية بين الواحدة والأخرى فغير معروف. وقد وجد هاوس (House) في دراسات مماثلة عن الأصوات الأنفية أن أشكال الرنين النسبية والرنين المضاد كافية لتمييز /m/ و /n/؛ ولكن إدراك /ŋ/ إدراكاً كاملاً كان أقل دقة بالنسبة إلى المستمعين. يمكن أن تكون الدلائل الإضافية مهمة لهم /y/. ومنواجه المشكلة نفسها في /y/ و /ɤ/ عتلاً ناقش إدراك أصوات الوقف.

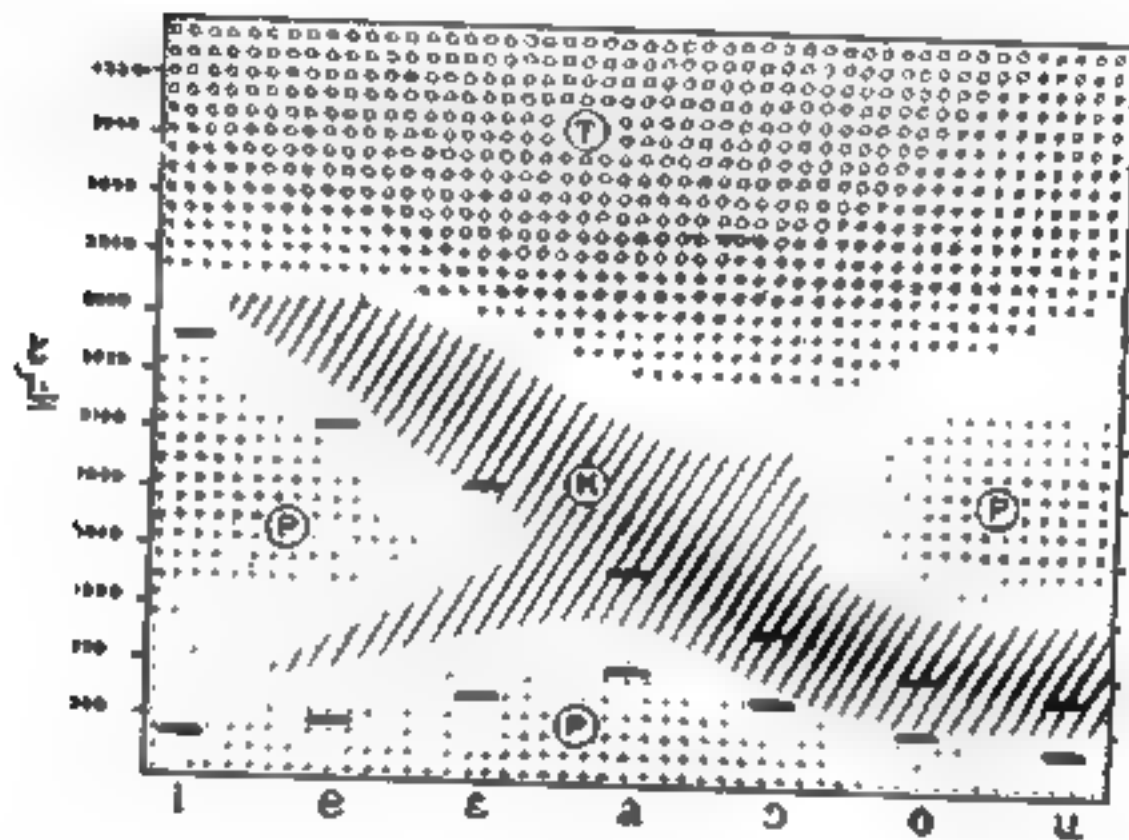
Stops

أصوات الوقف

لقد درست أصوات الوقف /p.b.t.d.k.g/ أكثر من أي صنف آخر من الأصوات الكلامية. ودراسة أصوات الوقف مهمة ومحتعة لأنها تظهر بوضوح عدم خطية الإدراك الإنساني عندما تكون المثبرات أو المبهات أصواتاً كلامية أو أصواتاً كلامية مصطنعة. وسناقش ظاهرة عدم خطية الإدراك الإنساني هذه مفصلاً في فقرة الإدراك غير المشروط. وتظهر أصوات الوقف أيضاً زيادة الدلائل السمعية المتوافرة لتمييز الأصوات الكلامية. وأخيراً نرودنا طبيعة فهم أصوات الوقف السمعية إلى حد ما عن دلائل الصوائت السمعية المجاورة، ولذلك، فإن المستمع يدرك صوت الوقف الصائت المجاور وفقاً للعلاقة السمعية بينهما.

إن الاختلافات الواضحة بين أصوات الوقف والأصوات التي ناقشناها الآن تتمثل في الآتي: أولاً: هناك انسداد أو انفلاق فمي يسمع إما بوصفه صوتاً من أصوات الوقف غير المجهورة /p.t.k/ أو بوصفه نضجياً قصيراً في أصوات الوقف المجهورة /b.d.g/، وثانياً: غالباً ما يطلق الهواء المحجوز على صورة دفقة هوائية تسمع كأنها تحويلة عابرة سريعة. وفرق ثالث بين أصوات الوقف وأنصاف الصوائت يكمن في مدة التغير في نمط التشكيلات الموجية المميزة، وهو النتيجة السمعية للتحرك من شكل المجرى الصوتي اللازم لصوت الوقف أو نصف الصائت وموقعه إلى الشكل المناسب للصائت. وقد وجد علماء مخبرات هاسكنس^١ أنه في الإمكان رسم أطراف لقارئة النمط تسمع كـ /bɛ/ و /gɛ/ دون أن تشمل على الدلائل الخاصة بالدفقة، وأكثر من ذلك، فإنهم استطاعوا إصدار مؤثرات من خلال تغير مدة تحويلات التشكيل الموجي الثاني (الشكل 5.13) أدركها المستمعون بوصفها كـ (b.g) عندما كانت التحويلات قصيرة المدة، وأدركوها على أنها أنصاف الصوائت (b.y) عندما كان طول التحويلات من 40 - 50 ميلي - ثانية، وأدركوها على أنها الصوائت المتغيرة /ɛ/ و /gɛ/، عندما كان طول المدد يتراوح ما بين 150 - 200 ميلي ثانية.

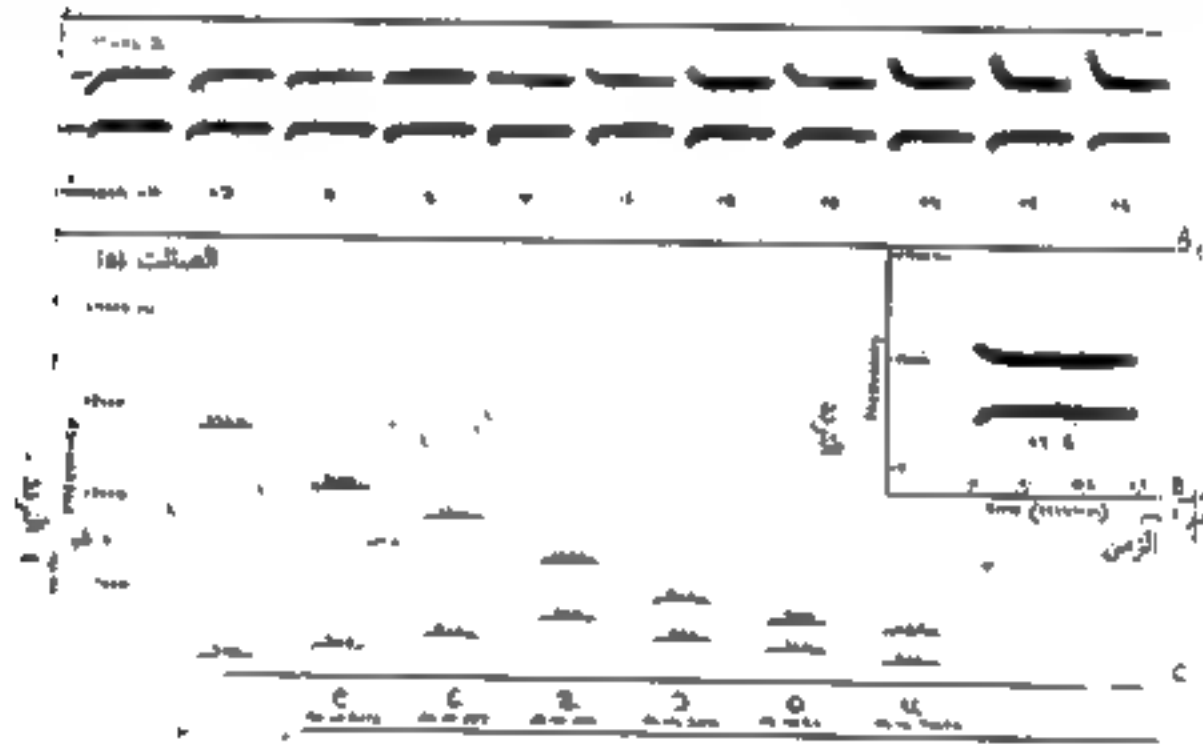
النمط المعتمدة على أطراف حقيقة دالتين منفصلتين لمكان النطق ولكنها كافيتان مكان تردد الدفقة الهوائية وعلاقته بالصائت، وتحول التشكيل الموجي-المميز الثاني وقد أدركت الدفقات ذات الترددات العالية كلها مجتمعة مع التشكيلات الموجية المميزة لسعة صوائت على أنها /v/ ، بينما أدركت الدفقات ذات الترددات المنخفضة بوصفها /p/ إلا أن الدفقات التي أدركت على أنها /v/ كانت أعلى قليلاً من التشكيل الموجي في الصائت المحدد المركب من تشكيلين موجيين مميزين (الشكل 5.14) مما ينتج عنه إدراك الدفقة العالية على أنها /v/ مع الصوائت العالية، وأدركت الدفقة المنخفضة على أنها /p/ مع الصوائت المنخفضة.



الشكل 5.14 : تردد الدفقة المركزي الذي سيدرك (يعلم) بوصفه صوت وقف غير مجهور مع عدة صوائت. تشير الرموز الغامقة في الشبكة إلى مواضع أكبر لدى المستمعين. كما تمت الإشارة إلى النمط في التشكيلين الموجيين المميزين الذي زوج مع كل دفقة هوائية مع كل صائت.

يمكن للمستمعين أن يستخدموا أيضاً صوائت مركبة (مصطنعة) وتحولات

التشكيل الموجي الثاني من دون دقات لتحديد أصوات الوقف. وقد صيغ الباحثون تشكيلات الصائت المتميزة ثابتة وغيروا منحني تحويلة التشكيل الموجي الثاني من تحويلة سلبية أو هابطة إلى تشكيل موجي ثانٍ منبسط فتحويلة إيجابية شكل حاد أو صاعد (الشكل 5.15) ضمن عشر خطوات. وأدرك المستمعون كامل تحويلات F_2 الصاعدة بوصفها /p.l/ الشفويين، لكنهم قسموا تحويلات F_2 الهابطة إلى مجموعتين فقد أدركت على غرار السخيين /d.l/ عندما كان F_2 هابطاً قليلاً في الصوائت الأمامية، أو هابطاً على نحو حاد في الصوائت الخلفية. وأدركت بوصفها /k.g/ الخشيين - الخلفيين عندما كان F_2 هابطاً على نحو حاد في الصوائت الأمامية أو هابطاً قليلاً في الصوائت الخلفية.

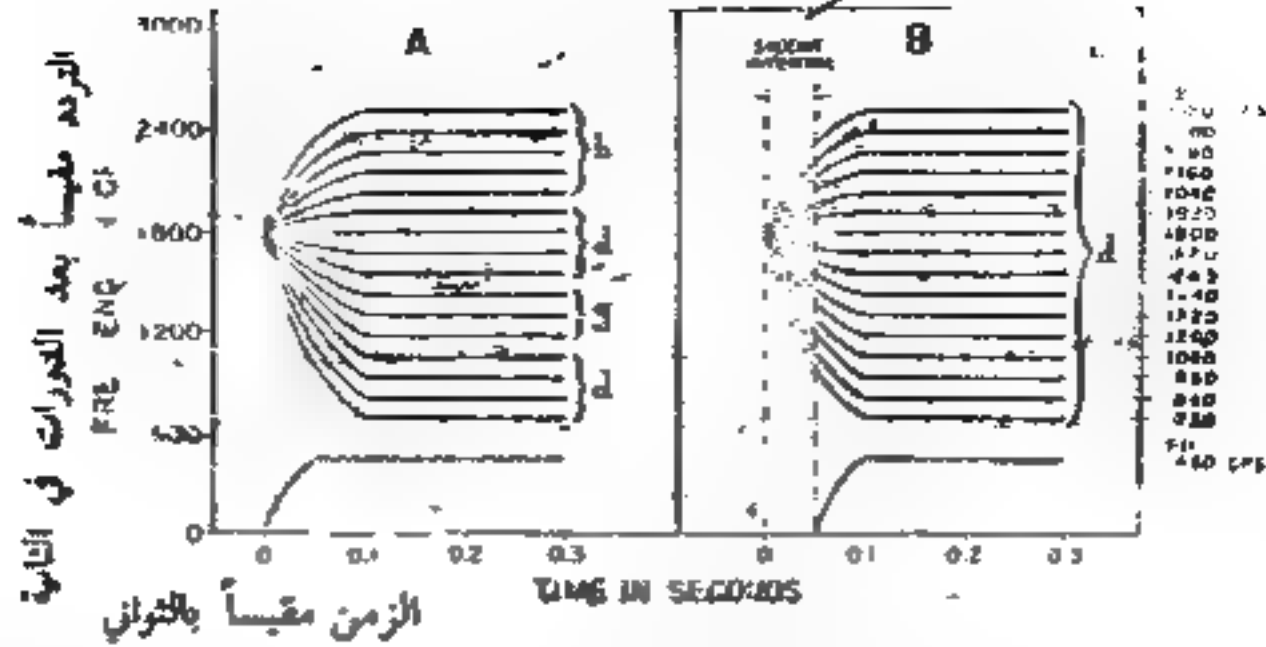


الشكل 5.15. نمط أصوات الوقف للجهورة المصطع من تشكيلين موجيين مميزين يظهر القسم (a) الصائت (a) مع نطاق كامل من التحويلات. يظهر القسم (b) نمطاً بمرده. يظهر القسم (c) الأغاط المركبة (المصطنعة) من تشكيلين موجيين مميزين مع الصوائت المختلفة التي جمعت مع نطاق التحويلات الذي يبدو في القسم (A)

ويستج عن العمل المتزايد، حول إدراك تحويلات F_2 عند ديلاتر ولبرمان وكوبر
 بطريقة نقول إنه يوجد موقع سمعي خاص في كل مكان من أماكن النطق. ولكي
 نوضح المفهوم، علينا أن نعود إلى مناقشة إصدار أصوات الوقف. فعندما ينهي انسداد
 صوت الوقف، سيرتبط شكل للمجرى الصوتي بتردد تشكيل موجي مميز عند يتغير
 بتغيرات المجرى الصوتي نحو الصائت اللاحق. وبما أن الانسدادات الخاصة بصوت
 وقف محدد في عدة سياقات صائتية مختلفة هي نفسها، فلا بد من وجود علاقة منتظمة
 بين تجمعات الصائت - الصائت وبداية تردد تحويلة F_2 . إنها هذه العلاقة النطقية
 التي تشكل أساس اكتشافات تجربة الموقع (locus).

لقد ركبت أنماط من تشكيلين مع بعض سمات شبيهة بسمات أصوات الوقف
 بالإضافة إلى F_2 ثابت. وأدركت أفضل (g) عندما كان F_2 منبسطة وتردده حوالي
 3000 هرتز. أما أفضل /h/ فكان عند 1800 «هرتز»، بينما كان أفضل /v/ عند 720
 «هرتز». وعندما رسمت المؤثرات بتحويلات ثابتة في F_1 وتدرج في تحويلات F_2 من
 الصاعدة الحادة إلى الهابطة الحادة، وجد أنه عندما كانت كافة التحويلات تشير إلى
 المواقع (أفضل الترددات التي ذكرت آنفاً)، وإذا أزيل القسم الأول من التحويلات أو
 كان صامتاً (الشكل: 5.16)، استطاع المستمعون تمييز مكان الطق أو تحديده معتمدين
 على هذه المواقع السمعية. والموقع هو مكان على مقياس التردد أشارت إليه تحويلات
 F_2 أو إنجهت إليه. وكان أداء هذا الأسلوب جيداً في حالة صوت الوقف السنخي
 /k/. وتقع الصعوبة في تحديد تحويلة F_2 معينة أو ترتبط بـ /k/، /g/، /h/ جزئياً من
 الحقيقة النطقية في أن هذه الصوائت لا تتخذ مكان واحد في الحقل. ومن ناحية
 أخرى من الحقيقة السمعية، كما أشار كوهين «Kuhn»، إلى أنه عندما يتحرك مكان
 اللسان إلى الخلف في التجويف الفمي، يمكن للرنين الصائتي أن يغير ولاءه من
 تشكيل موجي مميز إلى آخر.

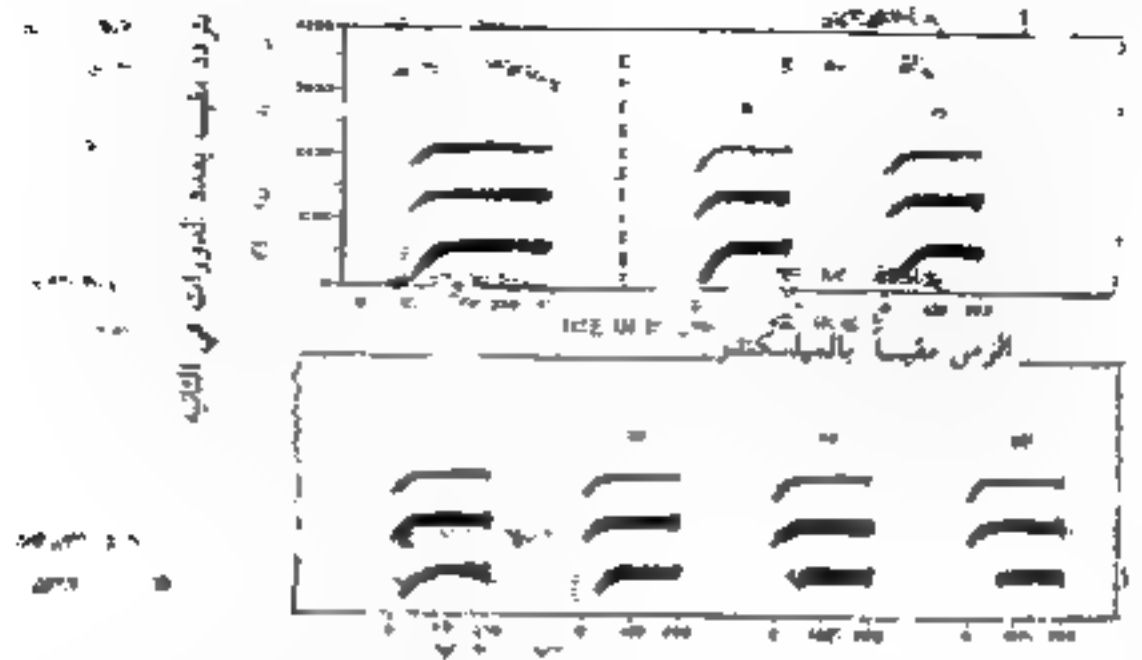
قاصلي سكون (صامت)



الشكل 5.10: مبدأ الموقع (الموضع). يظهر القسم (A) الموجة المتنوعة الإدراك لأنماط ترددتين موجتين مميزتين يكون التردد الموجي الأول فيها صاعداً بينما بقي التردد الموجي الثاني ثابتاً كما هو في بداية عند 1800 هرتز. ولو أزيل الخمسون ميلي - ثانية الأولى كما هو في القسم (B) لسمعت الأنماط بوصفها (C) بصاوت متغير أو متنوع (مختلف).

تختلف الأصوات في الجهر بالإضافة إلى اختلافها في مكان النطق، فهناك لكل مكان نطق صوت وقف مجهود وآخر غير مجهود. وإن دلائل الجهر هي: وجود قضيب الترددات المنخفضة أو غيابها؛ وجود الضوضاء المشيرة إلى Aspiration أو غيابها، وتغير في مستهل التشكيل الموجي المميز الأول. وقد درس علماء مخبرات هاسكتز هذه التأثيرات على إدراك تحويل التشكيل الموجي المميز الأول المضعفة تدريجياً في سلسلة من المؤثرات. فقد تمتع المؤثر الأول بقضيب جهري وتحويله تصعد من خط القاعدة، وفي مؤثر لاحق أزيل عشرة ميلي - ثانية من F_1 ، الشكل (5.17)، وأشير إلى التأخير الحاصل في F_1 نسبة إلى بداية F_2 بتقصان F_1 . وتطلب المستمعون مزيداً من نقصان F_1 حتى سمعوا N بدلاً من $N/2$ يفوق التقصان الذي احتاجوه حتى سمعوا $N/2$. وبعد ذلك اهتم الباحثون بمعرفة هل كانت استجابة وعدم الجهر عند المستمعين كامة في التأخير وحده أو أن N قد بدأ بتردد أعلى في استجابة «عدم الجهر». وأبقى





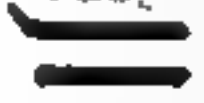




الناخثون كل شيء على ما هو، وصمموا شريطاً سماعياً تكون التغيرات فيه في تأخير F_1 فحسب، ووجدوا أن التأخير وحده كافٍ لإدراك تمييز مجهور - غير مجهور بحيث يكون الحد بين $10/$ و $10/$ حوالي 20 - 30 ميلي - ثانية من التأخير في F_1 .



الشكل 5.17:

أنماط مصطنعة تختلف في حجم تضعيف F_1 (التشكيل الموجي الأول) يصمم النمط في الزاوية العليا اليسرى قضيب جهر. يبدأ التشكيل الموجي المميز الأول والثاني والثالث في زمن واحد في نمط $0/$ في حين تتأخر بداية F_1 في الأنماط المتتالية، في ميلسيكندز، من خلال الزمن المميز فوق النمط

ولم تقدم صروفاء Aspiration نفسها دليلاً كافياً على أصوات الوقف غير المجهورة، لكنه عندما أضيفت هذه الصروفاء إلى التشكيلات الموجية المميزة العليا في المؤثرات مع تخفيض في التشكيل الموجي المميز الأول، تكون لدى المستمعين انطباع عن علم الجهر أقوى كثيراً من ذلك الانطباع الذي حصلوا عليه عندما خُفّض التشكيل الموجي المميز الأول وحده. يلخص الشكل (5.18) أطراف قلقة النمط التي نتج عنها تمييز إدراكية في مكان النطق، وأسلوب النطق والجهر في أصوات الوقف والأصوات الأنمية

		مكان النطق		
		PLACE OF ARTICULATION		
أسلوب النطق	وقف - غير مجهور	أمامي	متوسط	خلفي
	VOICED STOPS	 ba	 da	 ga
	UNVOICED STOPS	 pa	 ta	 ka
أنفي	NASALS	 ma	 na	 ŋa

الشكل 9.10: مخطط توضيحي يظهر أخطاءاً مركبة (مصطنعة) لصوامت تختلف في مكان النطق وطريقته.

يشير ليسكر «Linker» وأبرامسن «Abramson» إلى أن النتائج السمعية لاختلافات التوقيت بين الأحداث البلعومية وفوق البلعومية تعمل كمركب بوصفها مركباً من الدلائل على جهر أصوات الوقف عندما تقع في مكان استهلاكي في العديد من اللغات. يسمع متكلمو الإنجليزية أصوات الوقف مجهورة إن كان Vot قصيراً ويسمعونها غير مجهورة إن زاد عن 25 ميلي - ثانية في أصوات الوقف الشفوية؛ و 40 ميلي - ثانية في أصوات الوقف الحلقية. لاحظ أنه على قدر ابتعاد مكان نطق صوت الوقف إلى الخلف في التجويف الفمي يحتاج المستمعون إلى Vot أطول كي يسمعوه على أنه صوت وقف غير مجهور.

لقد ذكر وجود الصمت بوصفه دليلاً سمعياً في أصوات الوقف، وسيبب إدخال صمت بين /s/ و /l/ في «Sl» إلى أن تسمع بوصفها «Split». تقوم اختلافات

مدة الصمت في بعض الأحيان بوظيفة دليل للتمييز بين المجهور - غير المجهور .
يمكن تركيب كلمة «rabid» بمدة صمت قصيرة، ولكن عتلاًما تزيد مدة الصمت فوق
70 ميلي - ثانية يسمع المستمعون «rapid» .

وأخيراً يستخدم المستمعون مدة الصائت المتصلة بمدة الصامت الأخير في محاولة
الحكم على إمكانية كون الصامت الأخير مجهوراً . واستخدم رافائيل «Raphael»
تكميك قارئة النمط في اختبار إدراك المستمعون للفروق أو التمييزات الجهرية في عدة
صوامت نهائية وتجمعات صوامت بما في ذلك أصوات الوقف . ووجد أن الصوامت
القصيرة الأمد غالباً ما فهمت بوصفها متبوعة بصامت غير مجهور «Burke» ، بينما
أثارت الصوامت الطويلة الأمد إدراك صوامت نهائية مجهورة («Berg») ويشير رافائيل
إلى أن متكلمي الإنجليزية الأمريكية لا يطلقون دائماً أصوات الوقف النهائية، مما يجعل
أمد الصائت السابق، من حيث المبدأ، دليلاً سمعياً مهماً .

والخلاصة أن هناك دلائل سمعية يستخدمها المستمعون في تقرير طريقة أصوات
الوقف ومكانها وجهرها، وتؤدي مدة الصمت، والدفقة الهوائية وتحويلات التشكيل
الموجي المميز السريعة نسبياً وظيفية دلائل سمعية على طريقة نطق صوت الوقف . أما
دلائل مكان النطق السمعية فهي : تردد الدفقة المتصلة بالصائت، وتحويلات
التشكيلات للوجية المميزة، وخاصة F_2 . أما في المقارنة بين المجهور - وغير المجهور
فيستخدم المستمعون عدة دلائل : القضيبي الجهوري، والنفس، وتأخير F_1 ، وفترة
الصمت، وفترة الصائت السابق، والواضح أن بعض هذه الدلائل السمعية يشأ عن
الحدث النطقي نفسه أي : Vot ، فعلى سبيل المثال تمثل $Aspiration$ المتزايدة ونقصان
 F_1 متلازمين سمعيين لـ Vot متزايد . ويبدو أن المستمعين يتخفون قراراتهم بشأن
مكان النطق اعتماداً على أنماط التردد ويتخفون قراراتهم بشأن الجهر بناءً على أنماط
التزامن أو التوقيت .

الإحتكاكيات وأصوات الوقف - الإحتكاكية Fricatives And

لقد نوقشت الإحتكاكيات السمعية بنوع من الإسهاب في الفصل الرابع، تتألف الإحتكاكيات، عندما تقع في الكلام الطبيعي، من احتكاك أو قسم تشويش ومن أقسام ملاصقة وهي تحولات من الصوائت المجاورة وإليها. وفي حيل تقدير الأهمية النسبية للدلائل التحولات والتشويش أزال عارس أقسام التشويش عن الأقسام الصائنة في مقاطع مؤلفة من إحتكاكي - صائت، وأعاد تركيب المقاطع في اعتبارات السمع بوساطة لصق المقاطع ثانية. وكانت المقاطع التي استخدمت في القسم الأول من التجربة /fV/، /θV/، /ðV/ و /zV/. وقد ركب القسم التشويشي من كل مقطع مع كافة الأقسام الصائنة. واستخدمت مرسمة تذبذبات في تحديد نقطة الفصل بالإضافة إلى سماع التبدل من القسم ذي التردد التشويشي العالي إلى القسم الصائت ذي الشدة المرتفعة والتردد المنخفض. واتبعت الإجراءات نفسها إزاء كل من الإحتكاكيات قبل الصوائت /θ/، /ð/، /z/ و /f/. وتم إجراء اختبار سمعي آخر خاص بالإحتكاكيات المجهورة /θ/، /ð/، /z/ و /f/.

وكانت النتائج واحدة بغض النظر عن الصائت المعين المستخدم. وكلما ركب القسم التشويشي في /θ/ أو /f/ مع قسم صائت، أقر المستمعون أنهم سمعوا /θ/ أو /f/ على التوالي. بينما اعتمدت أحكام المستمعين على /f/ و /z/ على القسم الصائت. وقد أدرك الإحتكاكيات المجهورة /θ/ و /z/ إدراكاً تاماً من خلال دلائلها الإحتكاكية تماماً مثل قريبها غير المجهورين. بينما أمرك /f/ و /z/ على نحو أقل ثباتاً وأكبر اعتماداً على الأقسام الصائنة.

ووجد ميلر ونايلي أن /θ/ و /f/ من أكثر الأصوات الكلامية إدراكاً للمستمعين عندما يضاف التشويش إلى المؤثر أو المنبه. وتفسر الشدة المنخفضة في /θ/، /z/، /f/ و /v/ الصعوبة التي يلقاها المستمعون في تحديد هم (الإحتكاكيات الالفة الذكن) من دون السياق.

وهكذا نجد أن الإحتكاكيات بوصفها مجموعة تتميز بامتلاكها تشويشاً مستمراً، ومكوناً لا دورياً، ويبدو أن المستمعين يقسمون هذه المجموعة على مجموعتين بناءً على درجة الشدة النسبية: الإحتكاكيات الصغيرة ذات الشدة المرتفعة وهي /z/ و /ʒ/ والإحتكاكيات ذات الشدة المنخفضة وهي /θ/ و /ð/ و /t/ و /d/. ويمكن تقسيم الإحتكاكيات الصغيرة وفقاً لمكان النطق على مبدأ الشدة النسبية على الإحتكاكيات السنية /s/ و /z/ ذات التردد المرتفع عادةً، والتي تحصل فيها أول قمة طيفية عند 4000 هرتز، والإحتكاكيات الحكية /k/ و /g/ التي تحصل أول قمة طيفية فيها عند 2500 هرتز. وتشير دراسة هارس إلى أن المستمعين يحتاجون إلى دلائل التشويش بالإضافة إلى التحولات في الصوائت المجاورة كي يقرروا مكان نطق الإحتكاكي اللساني - السني /θ/ والإحتكاكي السني - الشفوي /f/.

وبقي وجود التقصيب الجهري، والتردد المنخفض للاهتزاز المرماري دليلين هامين جداً في التقاط الجهر في الإحتكاكيات، لكنه يمكن للمستمعين أن يدلوا بأحكام حول إحتكاكي يقع في مقطع ينتهي معتمدين على مدته نسبة إلى مدة الصائت السابق. واستخدم دنيس (Dennis) تقنيات لصق الشرائط في تبديل مواقع الإحتكاكيات النهائية في «use» و «touse» و «touse» و «touse» وأثناء تنفيذ التبديل قصرت الطويلة عادةً، وطولت /z/. وقد سمعت /s/ المأخوذة من «use» كـ /z/ عندما أصبحت بنهاية /s/ المأخوذة من «touse» بسبب /s/ الطويلة قبل الصوائت المجهورة والتي تكون قصيرة قبل الصوائت غير المجهورة. وعلى العكس، سمعت /z/ المأخوذة من «touse» كـ /s/ عندما أصبحت، وراء /s/ القصيرة. وهكذا، فقد أظهرت دراسة دنيس أن المستمعين لا يعتمدون على مدة الصائت وحده دليلاً على جهر الإحتكاكي الواقع في نهاية الكلمة، بل يعتمدون على مدة الصائت النسبية والإحتكاكي معاً.

وبما أن أصوات الوقف - الإحتكاكية هي أصوات وقف يتجهير صوت إحتكاكي فإنها تحتوي على الدلائل السمعية الموروثة في أصوات الوقف والأصوات الإحتكاكية. ويُعتقد أن المستمعين يستخدمون الصمت، والدقة، والتشويش كافة. وقد بذل رافائيل ودورمان (Dorman) مدة الإحتكاك، ومدة الإغلاق (الإنسداد) ووقت الصجيج المساعد في ألفاظ مثل «dash» و «dash» ووجدوا أنه يمكن استبدال

دلائل أحدها بدلائل الآخر. فعلى سبيل المثال: ستسمع /ك/ طويلة كأنها /كا/ على الرغم من زيادة في العاقل الصامت (مدة الإسداد) التي هي عادة دليل لـ /k/ ويقول ثانية هنا إن الدلائل نسبية، أي منسوب بعضها إلى بعضها الآخر.

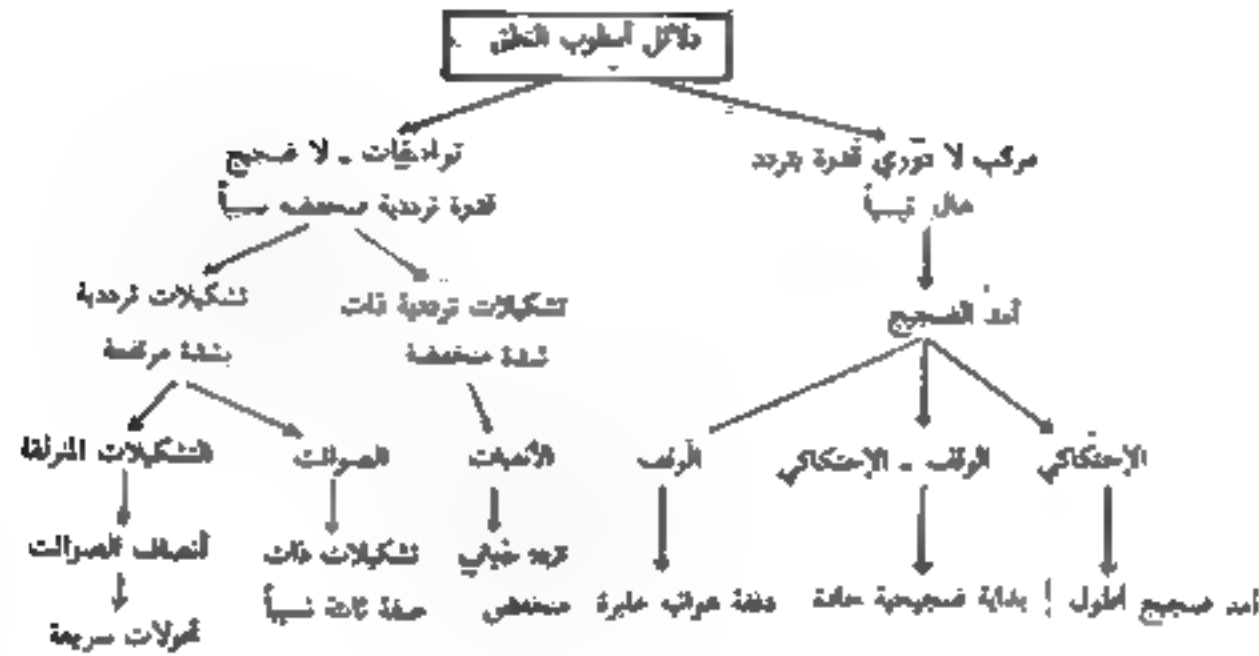
دلائل للأسلوب والمكان والجهر Cues For Manner, Place And Voicing

ربما كان مفيداً في تلخيص غزارة الدلائل السمعية المهمة في إدراك جزئيات الكلام أن نعيد باختصار، من خلال تقسيم الدلائل، الدلائل المهمة في إدراك الأسلوب، ومكان النطق والجهر. ولكي يحدد المستمعون أسلوب نطق صوت كلامي يقررون ما إذا كان ذلك الصوت مركباً توافقياً دوماً ضجيج مرافق، (وهذا يميز الصوائت، وأنصاف الصوائت أو الأصوات الأنفية) أم أن الصوت يحتوي على مركب لا دوري (وهذا يميز أيضاً أصوات الوقف، والإحتكاكيات وأصوات الوقف - الإحتكاكية). تقدم الأصناف الصوتية الدورية المركبة توافقياً دلائل منمعية، في مناطق القدرة، ذات ترددات منخفضة نسبياً، وبالمقابل يُستدل على الأصناف اللادورية ذات الضجيج بقدرة عالية التردد نسبياً.

كيف يميز المستمعون بين الأصوات المركبة توافقياً من الصوائت، وأنصاف الصوائت والأصوات الأنفية؟ إن الدلائل السمعية الرئيسة المتوافرة بشأن أسلوب النطق تتمثل في شدة التشكيلات الموجية المميزة النسبية، وتغيراتها الترددية. تتميز التشكيلات الموجية المميزة في الأصوات الأنفية عن تلك الموجودة في الصوائت وأنصاف الصوائت بشدة تنخفض على نحو مفاجيء. وبالإضافة إلى ذلك، هناك رنين ذو تردد منخفض أي الدفعة الأنفية. تمتلك أنصاف الصوائت تشكيلات موجية مميزة ترتق في السياق من تردد إلى آخر مقارنة مع الحالة الثابتة نسبياً للصوائت والأصوات الأنفية وترتق بعض الصوائت الثنائية مثل كل نصف صائت لكن المرتلقات يكون أسرع في تغيراتها من أنصاف الصوائت على الجملة.

أما الدلائل السمعية الخاصة بطريقة نطق مجموعة الأصوات التي تتميز بمركب لا

دوري أي: أصوات الوقف، والإحتكاكيات، وأصوات الوقف - الإحتكاكية فهي مدة الضجيج التي تكون عابرة علة أو قصيرة جداً في أصوات الوقف، وتستمر مدة أطول في الوقف - الإحتكاكي، وتستغرق أطول أمد في الإحتكاكيات. ويظهر الشكل (5.10) الذي يلخص الدلائل السمعية لأسلوب النطق كل المتغيرات الصوتية الهامة وتكمم مقلونات الدلائل السمعية لأسلوب النطق في التردد السبي، والشدة والتوقيت.



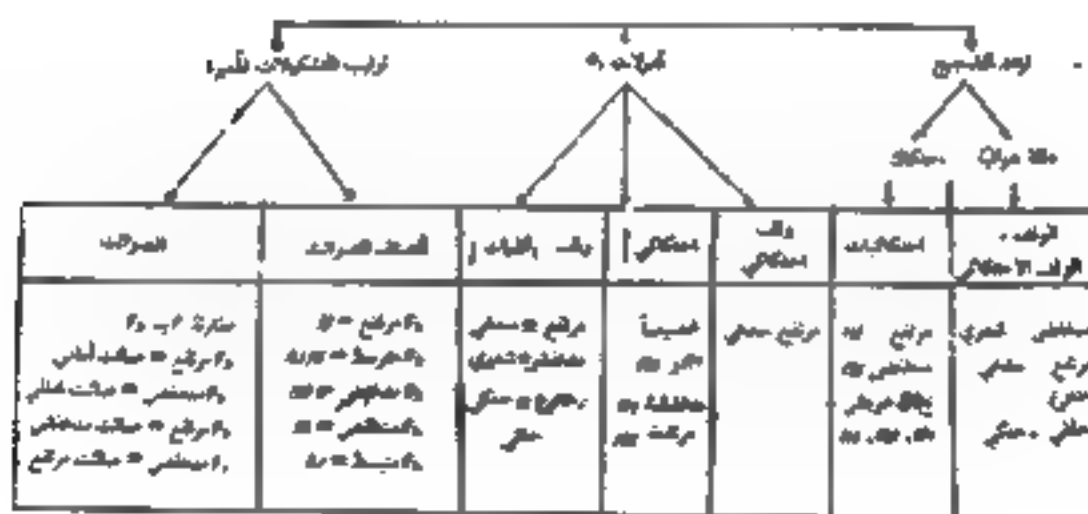
الشكل 5.10: ملخص دلائل أسلوب النطق.

تعتمد الدلائل السمعية لمكان النطق على متحول صوتي بعينه: التردد. ففي الصوائت وأنصاف الصوائت، تؤدي علاقات التشكيلات للموجة المميزة، كما رأينا، وظيفة الإشارة إلى موقع اللسان، وفتحة الفم، وطول المجرى الصوتي. وبمعكس تحديد الصائت في الفراغ السمعي لـ F_1 F_2 حيث يشير تردد التشكيل الموجي الأول إلى ارتفاع اللسان أو درجة انفتاح الفم، بينما يشير التشكيل الموجي الثاني إلى مكان الاقتراب الأعظمي للسان مع جدران المجرى الصوتي. ويتعكس إصدار أنصاف

الصوائت أساساً في تغيرات F_2 الترددية. وبدأ نصف الصائت $/l/$ بأعلى F_2 وتقع $/r/$ و $/l/$ في الترددات الوسطى، بينما تتميز $/m/$ بتردد منخفض نسبياً، يؤدي F_3 وطبيعة مقارنة نتائج موقع قمة اللسان السمعية في $/l/$ و $/r/$.

وهناك دليلان مهمان بلوزان للدلالة على مكان إصدار أصوات الوقف،
والإحتكاكيات، وأصوات الوقف - الإحتكاكية. وهما: تحولات F_2 نحو الصوائت
المجاورة، وتردد مكونات الضجيج، الشكل (5.20) ويمكن القول عن الجملة،
يُترك تحول في التشكيل الثاني بموقع منخفض على أنه صوت شعوي، وبموقع أعلى على
أنه سني، وبمواقع مختلفة تعتمد على الصفات، على أنه حكي أو حلقي، ويستخدم
تحول التشكيل الموجي الثاني للدلالة على الفرق بين الإحتكاكيات السنية - الشفوية
واللسانية - السنية أيضاً.

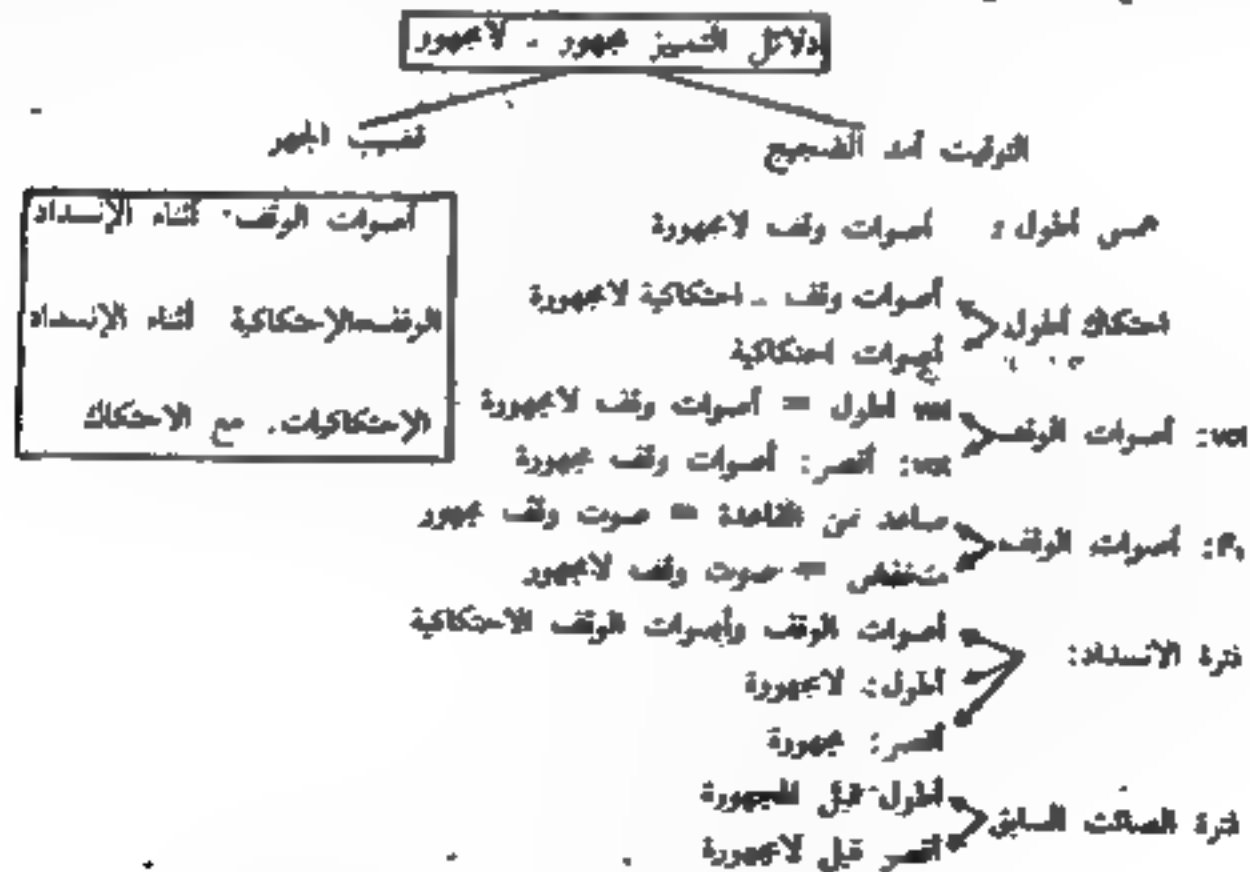
دلائل مكان النطق



المسألة 5: هل يجوز للمسلم أن يتخذ لنفسه من الأكل والشرب ما يشاء؟

يشير تردد الضجيج نفسه إلى النطق، ويكون التردد المنخفض المفصل عن ضجيج احتكاك /v/ غالباً فوق 4000 هرتز بينما يكون في ' / المتراجعة إلى الخلف كثيراً حوالي 2500 هرتز على الأغلب. أما إذا غطى الاحتكاك طبقة واسعة من الترددات، فيكون على الأرجح /f/، /v/ أو /v/. يشير تردد القوضاء إلى مكان النطق حتى لو كان قصيراً للغاية كما « . الحالة في أصوات الوقف أو أصوات الوقف - الاحتكاكية حيث تكون مواقع الترددات متشابهة لتلك المتكئة في تحولات F₂.

وأخيراً، تعتمد الدلائل السمعية لأجهزة الصوامت على الآماد النسبية، وتوقيت الحوادث أكثر من اعتمادها على التردد أو الفروق في الشدة، وهناك استثناء واحد هو دليل وجود قصب الجهر أو غيابه. إن صوت الجهر الدوري المنعكس في قصب الجهر هو نفسه مهم، لكن حقيقة قدرتك على فهم «The tie is blue» و «The dye is blue» وإدراكك تمييزاً متعلقاً بالجهر على الرغم من غيابذبذبة الحبال الصوتية، يشير إلى أن التوقيت دليل مهم في إدراك فرق المجهور - الالمجهور في عدة طرق مختلفة (انظر الخلاصة في الشكل 5.21).



الشكل 5.21: ملخص دلائل تمييز مجهور - لالمجهور.

يدرك المستمعون الأمد الطويل نسبياً لمدة الإبتداء (السكون قبل الدفقة) وفي
 الخمس (الصوتيات التي تتبع الدفقة) أو الوقت الذي بين الدفقة وبداية جهر الصائت
 اللاحق بوصفها دلائل على القرائن غير المجهورة $/p/$ ، $/t/$ أو $/k/$ ، أما $/b/$ ، $/d/$ و $/g/$
 المجهورة فتدرك عندما يمتلك المؤثر أمد إغلاق قصير نسبياً، وخمس ما بين الدفقة
 ومستهل الجهر وتأخيرهما. ويتبع عن تخفيض التشكيل الموجي الأول في الكلام
 المركب، وإبقاء كل الأشياء الأخرى على ما هي في محاولة لتقليد الخمس والحصول على
 تأخيرات في بداية الجهر، إدراك لأصوات الوقف غير المجهورة. وهكذا، فإن مقطعاً
 مصطنعاً مؤلفاً من صوت وقف - وصائت ب - F_1 صاعد من الخط القاعدي يفهم على
 أنه مجهور.

تدرك الاحتكاكيات وأصوات الوقف - الاحتكاكية على أنها غير مجهورة عندما
 يكون الاحتكاك طويلاً نسبياً. وفي حالة أصوات الوقف - الاحتكاكية، عندما يكون
 أمد الإغلاق طويلاً نسبياً أيضاً. وأخيراً، يمكن لأمد الصائت قبل الصائت الأخير أن
 يكون دليلاً لإدراك الاختلافات في الجهر؛ حيث تدرك الصوائت ذات الأمد الطويلة
 نسبياً على أنها متبوعة بصوائت مجهورة، وتدرك الصوائت القصيرة الفترة على أنها
 متبوعة بصوائت غير مجهورة.

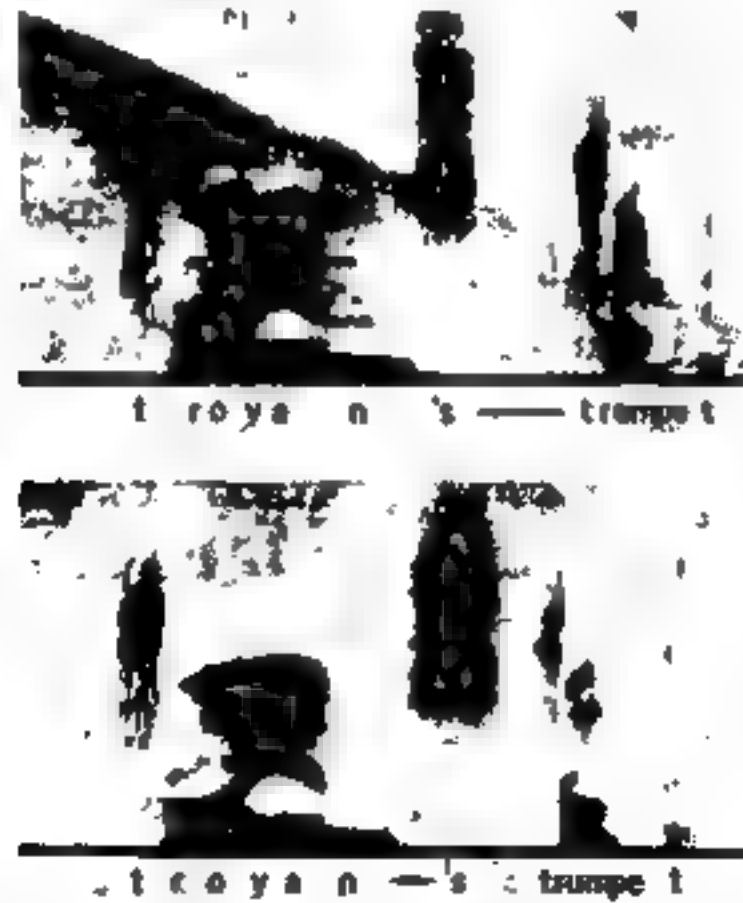
Suprasegmental

الفوقطمية

لا يعرف أحد الآلية التي يستخدمها المستمعون في اقتضاء أثر التردد الأساسي،
 ومن ثم إدراك تغيرات جوهرية في F_0 نسميها التنغيم. هل يحفظ المستمعون بمستوى
 جاري من (التقاطع الصفري Zero - crossing في الوحدة الواحدة الزمنية؟ هل
 يسمعون المخرج العام لمجموعة من التوافقيات؟ لا بد من أنهم يفعلون شيئاً من
 هذا القبيل لأن المستمعين يدركون التردد الأساسي المناسب، حتى لو كان غائياً
 طالما أنهم يستطيعون سماع البناء التوافقي للكل من مضاعفات هذا التردد
 الأساسي ومن المعلوم أنه لو قدم لمتكلمي الإنجليزية (والسويدية أيضاً) مادة
 كلامية مبهمه فإنهم سيدركون نمط النغمة الصاعدة على أنه سؤال، ونمط النغمة
 الهابطة على أنه جملة إخبارية

ولمهم السمة الإيقاعية النبرة (Permit versus Permit) يبدو أن المستمعين يستعملون التردد، والشدة، والنغمة بوصفها دلائل إدراكية، وإن واحد منها هو دليل قوي قائم بنفسه، وقد أوضح فراي (Fry) أن التردد الأساسي هو دليل السمة الأساسي.

يمكن الاستدلال على السمة الإيقاعية *Juncture* (التي تعلم المرق بين «anama» و «anaim») بواسطة السكون، وإطالة الصائت أو بسمات مثل حضور الجهور أو الحمس. إننا نود ذكر مثال استشهد به داروين (Darwin) من مسرحية شكسبير «Troilus And Cressida» حيث صرخ الحشد: «The Troyans Trumpet» التي لو أعطيت فصلاً غير مناسب من خلال إطالة فترة احتكاك /r/ في «Troyans» وتقبل الحمس في /v/ في بداية «Trumpet» لبدأ كأن الحشد يعلن حضور موسم بارزة. انظر الشكل (5.22).



الشكل 5.22: صور طيفية لـ «Troyans' Trumpet» و «Trojan Stumpet».

Context Dependence

الإعتماد على السياق

تبدو أهمية السياق واضحة في إدراك الكلام في استعادة كل من المعلومات القطعية وفوق القطعية وإحدى الكلمات التي نجد أنفسنا نكتبها تكرر في هذا الفصل هي «يتصل ب». إن أهمية التردد الأساسي في فهم النبرة تكمن في أنه يميل إلى أن يكون أعلى في المقطع المنبور أو الكلمة المنبورة مقترنة بالمقاطع أو الكلمات المجاورة. وعلى نحو مماثل، لا تحتاج التشكيلات الموجية المميزة أن تكون ضمن ترددات معينة لكي تميز على أنها صوائت، ولكن يجب أن يتصل كل بالآخر بعلاقة محددة، وأكثر من ذلك، يجب أن تدرك وفق علاقتها بترددات بعض أجزاء الكلام التي تُنطق بها من المجري الصوتي نفسه حتى يمكن تحديدها بدقة.

إن صنع أجهزة تقرأ الكلام المكتوب أسهل من صنع أجهزة تميزه؛ لأن الأحرف في الشكل المكتوب أو المطبوع هي مفردات مستقلة منفصلة يمكن تحديدها على نحو متفرد، وبعد ذلك تحدد على أنها كلمة. فالأحرف TAP هي جزئيات ولا تتغير، لذا يمكن لـ T أن تظهر في شكل 1 أينما كان يتغير حجمها، إلا أنها دائماً تقريباً على شكل خط عمودي يتصل بالخط الذي فوقه قريباً. وأنه من الصعب صنع جهاز يميز الصوت لأن الصوت في [ap] يتغير باستمرار، ولذلك فهو ليس مجزأً كما هي الحال في كلمة TAP. الدلائل السبعة الملمعة في تمييز /v/ هو التحول في القسم الأول من الصائت [a] بينما يزود التحول في قسم [p] الأخير المستمع بمعلومات حول /p/ اللاحقة، وهكذا، نرى أن الإنسان يتصرف في فهم الأصوات الكلامية على نحو مختلف تماماً عن أي جهاز لتمييز الأصوات يعمل وفق قاعدة التدرج.

وغالباً ما يسأل ليرمان سؤالاً يتعلق بسببته في إدراك الكلام وهو: لماذا يفهم الناس الكلام على نحو أكثر سهولة عما يقرؤون؟ يجد الناس الكلام سهلاً وطبيعياً، ومع ذلك يكون من الأسهل تصميم جهاز يقرأ الكتابة دون تمييز الكلام. وربما كانت الحال أنه عندما نتعلم كيف نتكلم ونفهم الكلام، فالكلام متشارك النطق طبيعياً ناتج عن نمط دائم التغير لا يمكن تجزئته بسهولة، ونفهمه أيضاً على أنه حدث دياميكي

متشابه إن خدعة فكرة الفونيم وسيلة لغوية مفيدة في تركيب هجائية أو في وصف لغة ما، إلا أنها زائفة وبعيدة خطوة كاملة من تدفق الكلام نفسه. يجب تعلم الفونيمات الأكثر تجريدًا بوصفها جزءاً من نظام مفروض على الكلام ومن ثم أكثر صعوبة في حوسبه.

إن الأجزاء الثلاثة مناسبة للأجهزة على أية حال. تتعامل الحواسيب مع معلومات مستمرة من خلال عدّها، وتجزئتها، وتعيّنها بأرقام. وتكون الأمثلة التي على هذا النحو أسهل للتعامل مع الجهاز من الكلام ذي الأصوات المتشابكة المتداخلة. لكن الدماغ الإنساني خبير ماهر في رؤية العلاقات وسماعها وإيجاد الأنماط، والتكيف مع التغير. وستتجمع المفردات في مجموعات وأصناف فيما ستناقشه في الفقرة التالية.

الإدراك التصنيفي Categorical Perception

وجد الباحثون في البحث عن الأحداث السمعية الكلامية الهامة خاصة عند المستمعين أنه ينتج عن تحول متدرج في F_2 ، احتوى على ثلاثة عشر تحولاً مختلفاً أو أكثر، إدراك ثلاثة أصوات كلامية فقط. فعلى سبيل المثال، عندما سمع من خفض للتجربة $/d\theta/$ كانت المثيرات تمتلك أكثر التحولات صعوداً. وبعد ذلك، وعندما بدأت حدة التحولات تنخفض، أو حتى عندما بدأت بالهبوط فإنهم بدؤوا يسمعون على نحو مفاجيء $/d\theta/$ ، وأخيراً سمعوا $/d\theta/$ في نهاية التحول الهابط من التسلسل. وعندما طلب إلى المستمعين أن يميزوا بين المفردات على طول خط التسلسل، لم يكونوا قادرين على فعل ذلك إلا عندما ميزوا أو حدّدوا المفردات على نحو مختلف. وتسمى هذه الظاهرة، ظاهرة المقدرة على تمييز ما يمكن تحديده فحسب، بـ «الإدراك التصنيفي». سيقدم تفاصيل دراسة واحدة عن الإدراك التصنيفي بوصفها مثالاً بوضوح كيفية إجراء مثل هذه الدراسات.

هناك مركبان أساسيان في دراسة الإدراك التصنيفي في الكلام، يجمع الناس الأصوات الكلامية وفقاً للطرق التي يختارونها لتحليلها أو التعرف إليها، وأيضاً وفقاً للطرق التي يستخدمونها للتمييز بينها. وقد استخدمت دراسة ليرمان، وهارس،

وهوفمان وجرفيت «Liberman, Harkis, Hoffman & Griffith» طُبعت عام 1957
 أنموذجاً يقتضى في العديد من الدراسات حول الإدراك التصنيقي منذ ذلك الحين ومن
 أجل تحكم دقيق في التردد، والشدة والفترة، فقد قدمت المؤثرات، في البداية، من
 كلام مركب على قارئة النمط. وقدم أربعة عشر صائناً، كلٌّ منه مؤلف من تشكيلين
 موجيين مميزين، ويختلف كلٌّ منها عن غيره أيضاً بانحلال تحول التشكيل الموجي الثاني
 ومداه. وقد شكّل تحول F_2 الصاعد بسرعة والضروري لفهم /a/ جيدة المؤثر الأول،
 بينما شكّل تحول F_2 الهابط بسرعة والضروري لفهم /a/ جيدة المؤثر الأخير، وشكل
 المؤثر الأوسط من خلال زيادة التردد الأولي في تحول F_2 بكميات متساوية تقدر الواحدة
 بـ 120 هرتز، كما هو واضح في الشكل (5.23). وبعد تسجيل المؤثرات على شريط
 مغناطيسي، قام الباحثون بنسخ الشريط ثم قطعه ولصقه، متجين بذلك نوعين من
 الاختبارات السمعية مؤلفة من عدة مؤثرات عشوائية. واحد هذين الاختبارين هو
 اختبار التحديد، الذي يتقدم فيه كلٌّ مفردة على حدة من أجل التحديد. أما النوع
 الثاني فهو اختبار التمييز، وفي هذه الحالة ترتب المؤثرات بترتيب ABX، وهنا يسمع
 المستمعون واحد من أربعة عشر مؤثراً من فئة (A) ويعدّه مؤثراً مختلفاً (B) متبوعاً
 بـ (X) الذي هو مثل واحد من الاثنين السابقين. ومهمة من يخضع للتجربة، بعد
 سماعه كلٍّ ثلاثي من المؤثرات، أن يقرر ما إن كانت (X) مثل (A) أو (B). وكان مقياس
 التمييز في هذا الاختبار هو نسبة مساواة التساوي الصحيح لـ (X) مع نظيره المكافئ في
 زوج (AB) كان المؤثر غير المكافئ بعيداً بمقدار درجة واحدة عن (X) وأحياناً كان بمقدار
 درجتين أو ثلاث، أو حتى مفردات بعيدة على التسلسل المؤلف من أربع عشرة درجة.

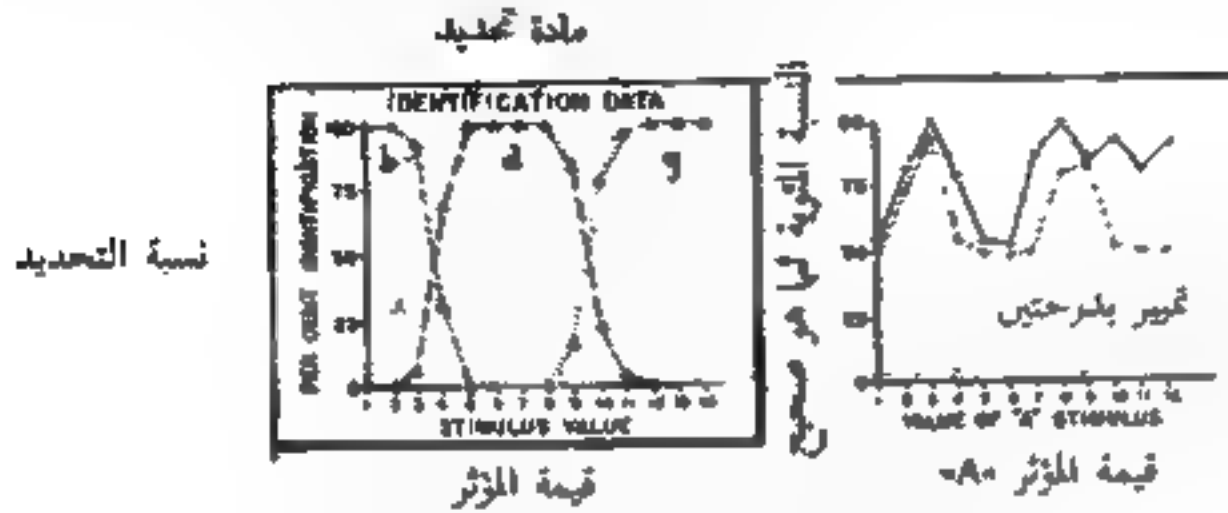


الشكل 5.23: سلسلة صائت - صائت مصطنعة مؤلفة من تشكيلين موجيين مميزين
 المؤثرات لـ /a/, /a/, و /a/.

وقد أُجري الاختبار في البداية على عناصر لم تُعلم من قبل بطبيعة الدراسة، ولم تُعلم أيضاً بأن المؤثرات هي أصوات كلامية مصطنعة أو مركبة. وبعد عدة دورات من الاختبارات، أُخبر من أخضع للتجربة بطبيعة المؤثرات وقُدِّم لهم اختبار التحديد من أجل التحديد أو تعيين المهمة. ولم يقدم الباحثون أية خيارات جوابية. وبعد عدة دورات أخرى، طلب من أخضع للتجربة أن يحدد المؤثرات كـ (/g/dz/b/)، وبذلك حددت خيارات ممن خصص للتجربة. ومن هذه النقطة وما تلاها، قُدِّم اختبار التحديد أولاً متبوعاً باختبار التمييز. ولأنه لا يوجد تفضيل واضح بين اختبارات التمييز التي أعطيت قبل التعليمات وبعدها لتحديد مؤثرات اختبار التحديد كـ (/g/dz/b/) فقد جمعت نتائج هذه الاختبارات معاً، ولأنَّ استجابة معظم من خصص للتجربة كانت أيضاً /b/، /d/ أو /g/ في اختبار التحديد منذ البداية، حتى قبل أن يجربوا بأن هذه المؤثرات هي كلام مصطنع، ويطلب منهم أن يختاروا واحداً من ثلاثة الصوائت السابقة، فقد استخدم الخيار الإيجابي، على الجملة، في بحوث الإدراك التصنيفي اللاحقة.

يظهر الشكل (5.24) نتائج اختبار تحديد، و نتائج اختبار تمييز من درجتين عند شخص واحد. وقد بلغت نسبة تمييزه لاثنتين وثلاثين عرضاً من المؤثر الأول لـ 100% /b/ بينما حكم على المؤثر الثالث غالباً بوصفه /b/، وحكم على المؤثر الرابع على أنه /d/ وحكم على المؤثرات من 5 - 8، على نحو قاطع. على أنها /b/ وحكم على المؤثرات الأخيرة على أنها /g/. وتشير الدالة الرياضية، كما هي معينة في الشكل، إلى حد إدراكي يقع بين المؤثرين الثالث والرابع، وحد إدراكي حاد آخر بين /d/ و /g/ يحدث بين المؤثرين التاسع والعاشر، وكذا تمثل الدالة التمييزية للشخص نفسه، كما هو موضح في الشكل (5.24)، نسبة الإجابات الصحيحة لثلاثيات ABBX البالغة اثنين وأربعين، والتي كانت تفضل فيها (A) عن (B) بدرجتين في سلسلة المؤثر. وتُثل النقاط عند مستوى 50% من مستوى ما هو صحيح مجرد تخمينات طبعاً. لاحظ القمتين البالغتين نسبة 100% في الدالة التمييزية. تمثل القمة الأولى، التي جُمِعت عند المؤثر الثالث، استجابات هذا الشخص للمؤثرات الثلاثية ABBX الواقعة بين المؤثرات 5 - 3. تذكر أن الحد القويحي عند هذا الشخص بين /b/ و /d/ كلّه بين المؤثرين

المصطنعين 3 و 4. أي: أنه ذلك القسم من مسلسل المؤثرات الذي يميزه هذا الشخص بدقة كبيرة. وكان الفاصل الإحراقي التحليلي بين d_1 و d_2 بين للمؤثرين 9 و 10 في سلسلة هذا الشخص. وكان التمييز هنا، مرة أخرى، تمييزاً قلعاً بين 8 و 10، وهكذا نجد أن تميز هذا الشخص هو في قمته عند حدود المونيمات، ويروي تميزات أقل ضمن سلسلة المؤثرات التي حدثت على أنها فونيم محدد.



الشكل 5.24: نتيجة اختبارات التحديد والتمييز، يظهر القسم الأسفل من الشكل نسبة الوقت الذي حدد به كل مؤثر بوصفه d_1 ، d_2 أو d_3 . بينما يظهر القسم الأعلى نتيجة اختبار التمييز بدرجتين مقارنة بتوقعات استمدت من اختبار التحديد باستخدام الطريقة نفسها الموجودة في الدراسة (لبرمان، وهارس، وهوفمان، وجرفيث).

وقدّر الباحثون الدالة التمييزية المتوقعة لكل شخص خضع للتجربة معتمدين على اختباره التحليلي. واختبروا أهمية التناظر بين النتائج المتوقعة ونتائج اختبارات التمييز التي أجروها لكل الأشخاص ووجدوا أنها تناظر كثيراً مع $(P \leq 0.00)$ في اختبارات ABX الثنائية والثلاثية الدرجات. وكانت نتائج اختبارات التمييز العملية، على الرغم من تناظرها القوي مع النتائج المتوقعة من اختبارات التحديد، أفضل من النتائج المتوقعة. وتشير هذه الحقيقة إلى إمكانية استخدام من خضع للتجربة معلومات سمعية بالإضافة إلى المعلومات الصوتية في إصدار أحكامهم التمييزية.

ومن المدهش أن الناس الذين يستمعون إلى أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية، والتي تتغير بدرجات متساوية وفق بعد سمعي محدد، يمكنهم أن يميزوا بينها على نحو أفضل قليلاً من تحديقها. والحقيقة المعروفة تماماً في السمعية - النفسية أنه يمكن للناس الذين يطلب منهم تحديد طبقة النغم النسبية في النغمات المصرفة أن يميزوا حتى 3500 درجة ترددية مختلفة، ولكنهم لا يستطيعون تحديد سوى بضع منها. لا توجد علاقة خطية بين تغير التردد وإدراك طبقة النغم، لأنه يمكن للمستمعين أن يميزوا بين النغمات المنخفضة التردد (50 - 500 هرتز) حالما يجدون اختلافاً لا يبلغ سوى جزء مئيل من (الهرتز)، أما عند (400) هرتز فإننا نحتاج إلى فرق يبلغ حوالي أربعة هرتزات كي يتم التمييز. ورغم أن إدراك درجة النغم غير خطية، فإنه عمل أو وظيفة مستمرة. لا توجد هناك تغيرات مفاجئة في مقدرة المرء على التفاضل اختلافات أو فروقات في تغير التردد. وفي ضوء هذه الحقائق نجد أن الانقطاع المطلق في الوظيفة التمييزية الموجود في إدراك الكلام شيء متعجب جداً، وقد أدى إلى ظهور عدة نظريات في نطاق بحوث إدراك الكلام.

هل يفهم الناس الكلام على نحو مختلف تماماً عن فهمهم لغیر الكلام؟ هل يفهمون لغة بعض الإدراكات ويضعف فهمهم الأخرى؟ هل الإدراك التصنيفي فطري أم مكتسب؟ لا نحب معالجة الأولى بشأن الإدراك التصنيفي للكلام عن هذه الأسئلة، لكنها وضعت الظاهرة تماماً، وأثيرت الاهتمام بالبحث المفصل في الإسهامات السمعية واللغوية النسبية لهذا التأثير.

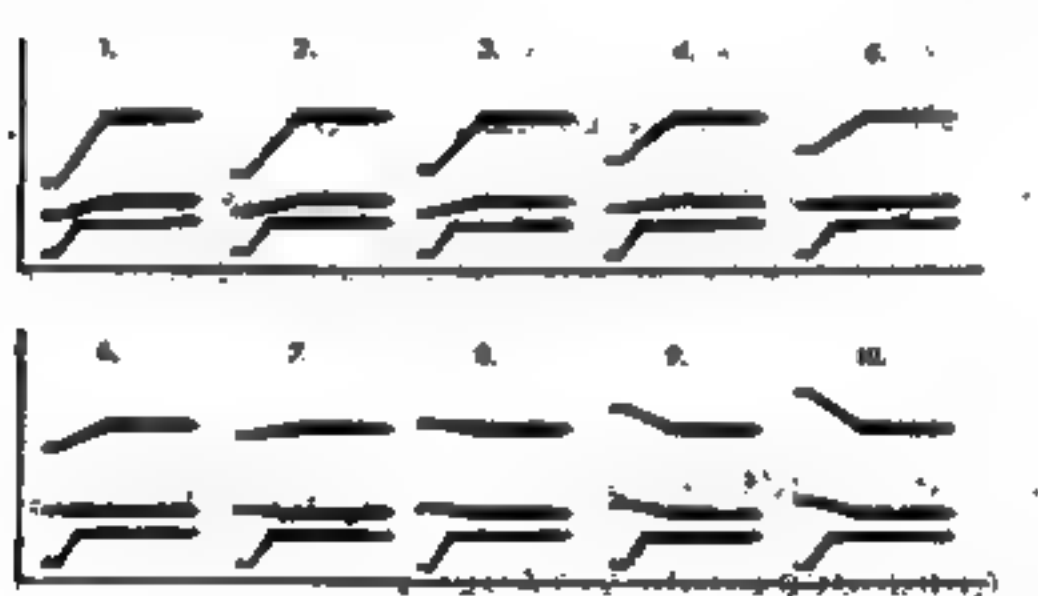
دراسات ضمن اللغة وخارجها Within - Language And Cross - Language Studies In Adults

هند الكبار

هناك العديد من الأبعاد السمعية المميزة في الكلام التي يمكن أن تختلف بانتظام أثناء تركيب الكلام في بناء اختبارات تحديد الأصوات الكلامية وتمييزها، وقد تم تنويع الدلائل السمعية الهامة في أسلوب النطق، مثل فترة تحول F_2 أو وقف ارتفاع شدة الضجة، على طول تسلسل. وعندما زينت فترات التحول بدرجات متساوية استجاب المستمعون من دون لبس أو غموض لـ /ba/ وتعلها /wa/ وأخيراً /ua/،

وتناظرت قسم التمييز مع التخوم بين الأساليب المختلفة لنطق الأصوات الكلامية. ويمكن ترتيب المساحات الضجيجية المثلة للاحتكاك على أنها تختلف باستمرار من صمود مفاجيء إلى صمود متدرج، ويستجيب المستمعون لذلك التغير بقلّة إدراكية مفاجئة من /ʃ/ كما في «Chop» إلى /ʒ/ كما في «Shop».

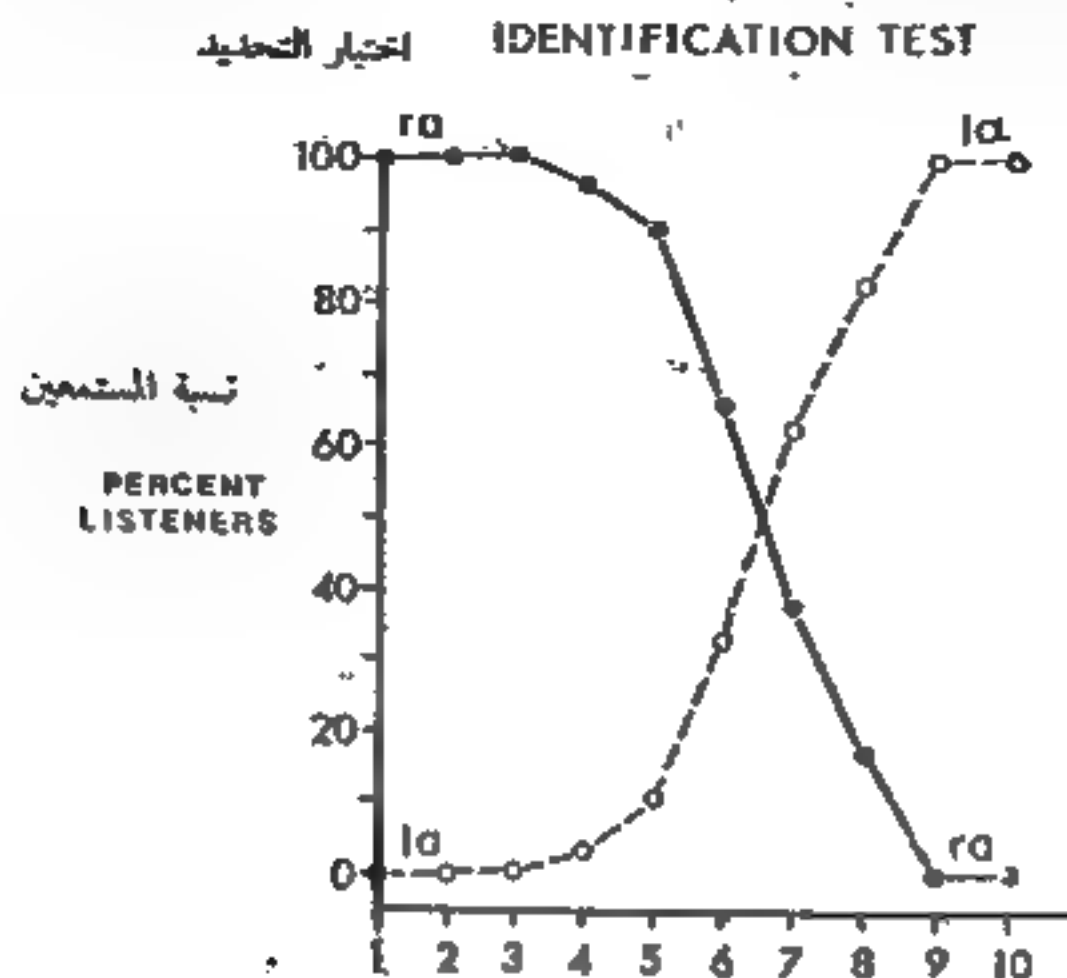
ونوعت الدلائل السمعية الهامة في إدراك الكلام بانتظام أيضاً لقد شرحنا كيف يمكن لتغيرات اتجاه تحويل F_2 أن توضح الإدراك التصنيفي لـ /ʃ/، /ʒ/ و /dʒ/. ويمكن تركيب تسلسل من درجات سمعية متساوية من /ʃ/ إلى /ʒ/ لو احتلعت تحويلات F_2 على نحو متناسب. ولعلّ مثلاً واحداً للنتائج اختبار نموذجي بني بفرض توضيح الطريقة التصنيفية التي تُدرك فيها مثل هذه التسلسلات. لقد رُكّب تسلسل من عشر درجات من /ʃ/ إلى /ʒ/ على مركب OVE، ودرّج تحول التشكيل الموجي الثالث من تردد أولي منخفض نسبياً إلى تردد أولي عالٍ نسبياً، وتنوع تحول F_2 على نحو مشابه أيضاً ولكن بدرجة أقل، الشكل (5.25):



الشكل 5.25: تسلسل (سلسلة) من مؤثرات مصطنعة أُدرِكت على أنها /ʃ/ أو /ʒ/. مثل التردد على المحور العمودي والزمن على المحور الأفقي.

وطلب عن أنضج للتجربة أن يحدد قاطعتين عشوائيتين من خمسين مفردة (قدمت كل عشر درجات ملاصقة لعشر من الأخرى وبترتيب عكسي)، وفي اختبار

التحديد هذا لحق كل مؤثر عبارة استهلاكية من كلام طبيعي «Does This Sound more like Rock or lack» تجد دلائل التحديد النموذجية في الشكل (5.26).

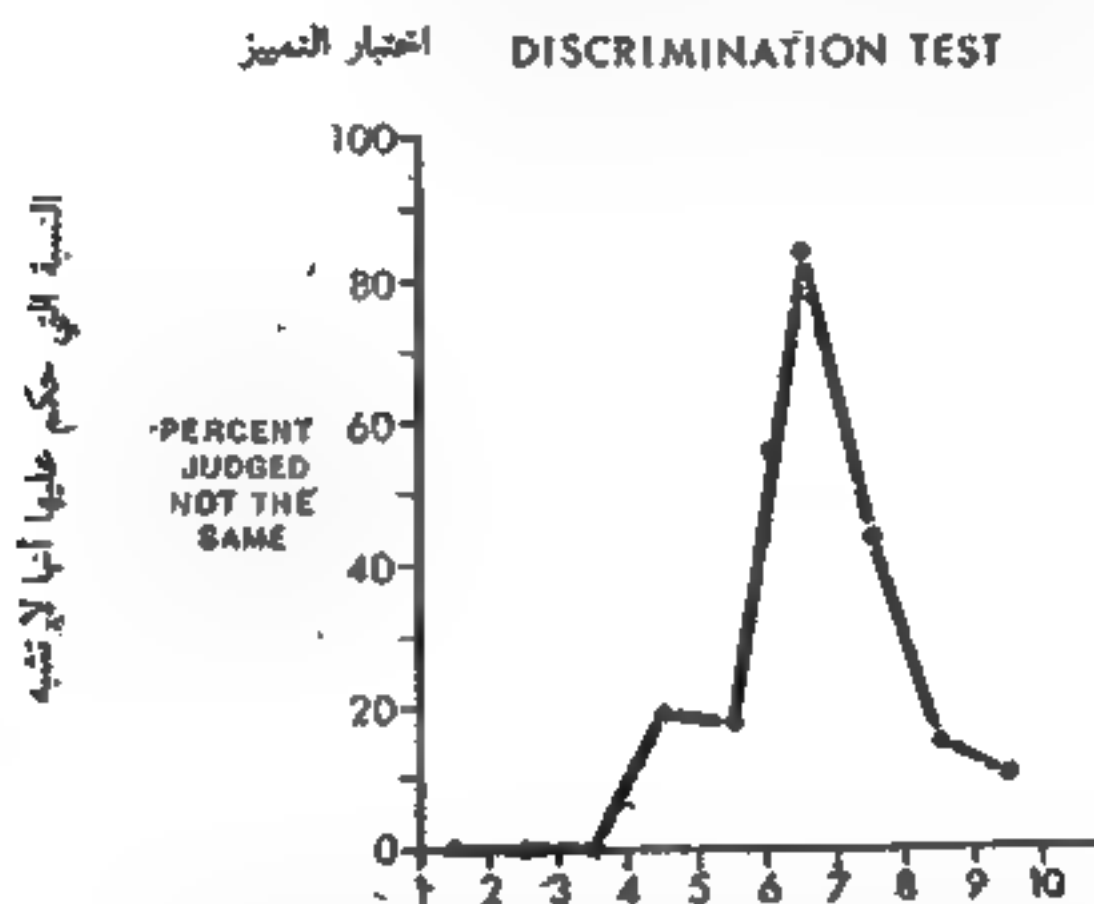


الشكل 5.26: وظائف تحديدية لـ /ra/ و /la/.

يمثل هذا الرسم البياني الاستجابات الجماعية لأحد فصولنا في علم الكلام الذين لما تخرج بعد، وقد أدركت خمسة المؤثرات الأولى جماعياً تقريباً على أنها /ra/، أما في المؤثر السامع فقد كان المستمعون يظنون تخميناً فحسب، ولم يسمع أي منهم المؤثرات من 8 - 10 على أنها /ra/. وتمثل الصورة العكسية لرسم البياني الدالة التحديدية لـ /ra/. وهكذا نجد أن الحد الإدراكي بين /ra/ و /la/ قد حصلت عند هؤلاء المستمعين بين المؤثرين 6 و 7.

وقد رُكبت مؤثرات من التسلسل نفسه على هيئة زوج في اختبار تمييز من شكل AX مستخدماً فيها اختلافات أو فروقات من درجتين أو ثلاث درجات. وعندما رُكبت

الأزواج في كل ترتيب ممكن، تم الحصول على ثمانية وأربعين مؤثراً، وصنعت عشوائياً في أربع مرات. ويستخدم كل زوج من المقدرات السؤال الآتي وهو بكلام طيبي «Do these sound the same or different»، وتمثلت الاستجابة بوضع إشارة أما على العمود المعلم بكلمة «صحيح» أو على العمود المعلم بكلمة «مختلف». وتظهر الدالة التمييزية في المؤثرات ذات الخطوة الأولى في فصل علم الكلام، كما هي معنية في الشكل (5.27)، قمة تمييزية حاصلة كما أشار إلى ذلك اختبار التحليل، أوضح منه ضمن الأصناف الفونيمية. ولم يميز المستمعون الفروق التي ليست بفروق فونيمية (تلك التي تقع ضمن مجموعة من المؤثرات حددت بوصفها فونياً واحداً).



الشكل 5.27: الدالة التمييزية لأزواج المؤثرات المتجاورة في الشكل (5.25)

ومثلها هي الحال في اختلافات الإدراك المطلق في الأسلوب ومكان السطق، أظهرت استجابات اختلافات بسيطة مستمرة في VOT إدراكاً تصنيفياً في الجهر. ومن خلال زيادة VOT في درجات متساوية يمكن تركيب سلسلة يمكن فهمها على غرار ما أننا نذهب من /ba/ إلى /pa/ ومن /da/ إلى /ba/ أو من /ga/ إلى /ka/. وهذا

يجمع المستمعون المؤثرات في أصناف مجهورة وغير مجهورة وهم محسّون بالفروق بين المؤثرات عند الحدود الفاصلة بين الجهر وغير الجهر، بينما نجلهم غير محسّين نسباً بفروق متساوية في VOT ضمن الأصناف.

وقد تم تأكيد ظاهرة الإدراك التصنيفي في الصوامت من خلال التباين في الأسلوب، والمكان والجهر، أما في الصوائت، فالنتائج مختلفة قليلاً. فقد أظهر فراي وأبرامسون، وإيماس وليرمان «Fry, Abramson, Eimas & Liberman» أن سلسلة من / إلى / ع / ف / لا تظهر العلاقة الوثيقة نفسها بين الدالات التحديدية والتمييزية. فعندما تكون للصوائت أقصر ومضمرة في سياقات CVC، كما يروي ستغنس، تكون العلاقة التمييزية - التحديدية أقرب إلى حال الصوامت.

وبما أن الصوائت الثابتة الصفة والنغمات غير الكلامية لا تدرك على نحو تصنيفي، بينما تدرك الصوائت المضمرة والصوامت على هذا النحو، يبدو، من ثم أن المستمعين يدركون المؤثرات المتغيرة بسرعة على نحو مختلف من إدراكهم للمؤثرات الثابتة.

وأحد المظاهر المهمة للإدراك التصنيفي هو التأثير الذي يمكن أن يكون للمعرفة اللغوية في الأصناف أو الفئات المدركة. وبمعت أننا قدّمنا لمؤثراتنا /ra/ و /a/ بأسئلة منطوقة باللغة الإنجليزية هو أن إيلمان، وديهل وباحولد «Elman, Diehl & Buchwald» قد وجدوا أن الإعداد اللغوي الذي يمتلكه المستمعون عندما يحاولون تحديد مادة كلامية قادر على تغيير الحدود أو الفواصل بين الفئات أو الأصناف. يقسم الأشخاص الذين يتكلمون لغتين مثل هذه المؤثرات وفقاً للتباين الفونيمي في اللغة الخاصة التي كانوا يستخدمونها مباشرة قبل كل مؤثر.

وقد راجع سترينج وجنكز «Strange & Jenkins» عدة دراسات لتكلمي لغة واحدة وتكلمي لغتين، وتقدم هذه الدراسات دليلاً على أن تجربة لغة الكبار يمكن أن تؤثر في إدراكهم. إذ يستخدم متكلمو الإسيانية والفرنسية والتايه مثلاً، مبدأ VOT مختلف في التباين الجهري عن ذلك الذي يستخدمه المتكلمون الإنجليز. ويدرك المتكلمون اليابانيون، الذين لا يفرقون بين /n/ و /m/، تغيرات متساوية في F₃ في

تسلسل من /ra/ إلى /ra/ على نحو مختلف عن الأسلوب المؤلف من صفتين الذي يدركه متكلمو الإنجليزية.

ولأنه يبدو أن الإدراك التصنيفي هو صفة تخص اللغة ويتصل اتصالاً وثيقاً بالتأين القويمي الذي يصنع المستمعون، فقد دعش الباحثون عندما اكتشفوا أن المخلوقات ذات الخبرة الضئيلة جداً باللغة (الحيوانات والرضع) تميز المؤثرات الشبيهة بالكلام على نحو يبدو كأنه مرتبط بالإدراك التصنيفي.

Infant Studies

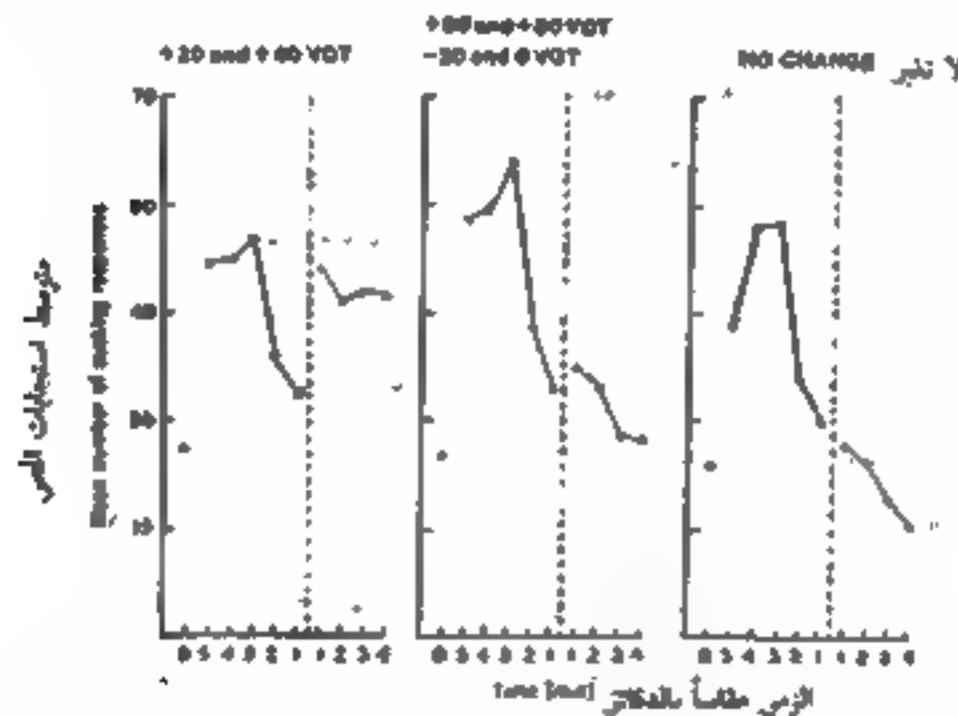
دراسات الرضع

شر تقرير إيماس، وسكويلا، وجيسكي وفيجريتا Jusc zyk Eimas, Siqueland Vigorito في دورية «Science» عام 1971. فقد راقبوا رضعاً يحضون مصاصة تتصل بسلك متصل بمحول يسجل الاستجابات الفورية لأصوات كلامية مركبة تختلف بزيادات في VOT (ابتداء الجهر) قدرها 20 ميلي ثانية. واستجاب الأطفال الذين بلغت أعمارهم شهراً واحداً للمؤثرات الجديدة بتغير في المص. وسجل الباحثون نسبة الخط القاعدي لعدد المصات في الثانية أو معدله عند كل رضيع، وبعد ذلك، قدموا كل مؤثر سمي بدرجة كثافة اعتمدت على معدل المص وقد استمر الصوت بشدة عالية ما دام الرضيع يحافظ على نسبة استجابات مص عالية. وعندما تضاعف معدل المص، كذلك كانت الحال بالنسبة إلى ارتفاع الصوت. وعلى النحو الأنودي، استجاب الرضيع بزيادة معدل مصهم. وبعد عدة دقائق، ومع تناقص حدة المؤثر، تضاعفت استجابة المص تدريجياً. وقد سمح لهذا القيدان في معدل الاستجابة، المعروف بالتمدد، أن يستمر لمدة دقيقتين. وبعد ذلك قدم مؤثر VOT مختلف تماماً ولمدة عدة دقائق. يمثل الشكل (5.28) مخططاً بيانياً لمعدل الاستجابات عند مجموعة أطفال تبلغ أعمارهم أربعة أشهر.

تمثل النقاط على يسار اللوحات الثلاث الخط القاعدي لمعدل المص؛ ويزيد معدل الاستجابة بوجود التقوية الصوتية للمص كما هو واضح من معدلات المص المعينة إلى يسار الخط العمودي المتقطع، تلك التي في الدقيقة 5، 4 و 3 قبل التحول

بـ ابتداء الجهر - الوقت الذي يبدأ فيه اعتزاز الصوتين بعد انتهاء الإعلان

في المؤثر وهكذا، فقد بدأ الرضع يتعودون على المؤثر. وانخفض معدل المص، يمثل الرسم إلى اليسار ما حدث عندما كان المؤثر الأول صوتاً شبيهاً بـ $/ba/$ و VOT مقداره 20 ميلي - ثانية، وتحول على نحو مفاجيء إلى صوت شبيه بـ $/pa/$ و VOT مقداره 40 ميلي - ثانية. ونجد هنا أن معدل المص قد ارتفع على نحو مفاجيء مما يدل على أن الرضع سمعوا هذا التحول بوصفه شيئاً جديداً تماماً. ولا تكشف اللوحة في منتصف الشكل أي فقرة شبيهة في استجابات المص على الرغم من اختلاف المؤثرات بعشرين ميلي - ثانية في VOT . وفي هذه الحال كان المؤثر الأول $+ VOT 60$ وتغير إلى $+ VOT 80$ (وأدرك الكبار هذين المؤثرين على أنها $/pa/$ أو $- VOT 20$ وتغير إلى $VOT 0$) (حيث أدرك الكبار هذين المؤثرين على أنها $/ba/$. لم يستجب الرضع إلى هذه التغيرات يتزايد كبير في معدل المص.



الشكل 5.28: متوسط إستجابات المص عند رصع يلافون أربعة شهور في ثلاثة شروط تجريبية. تمثل (B) الخط القاعدي قبل تقديم المؤثر، تظهر كل لوحة المص على أنه دالة زمنية تغير في المؤثر عند النقطة التي يمثلها الخط المنقطع، أو في الزمن المتوقع حدوث التغير فيه كما في اللوحة في أقصى اليمين. أما في أقصى اليسار فيساعد المؤثر بين الحدود التصنيفية بين $/ba/$ و $/pa/$ للكبار، بينما نجد في لوحة المنتصف أن المؤثرات المتباينة هي ضمن صف أو فئة واحدة. (توبسم واحد).

وايستجج الباحثون من هاتين الدالتين أن الأطفال يدركون المؤثرين الأولين على أيها محتلمان، ولكنهم لا يدركون المؤثرين الواقعيين في المتصف على أنها محتلمان. يمثل الرسم الواقع في عين الشكل حالة الضبط والسيطرة، واستمر التعود عندما كان التحول شبيهاً تماماً بصوت للمؤثر الأول حيث لم يؤد إلى أي تحول في حالة الوسط. لم يكن هناك أي تغير مفاجيء في سلوك المص كي يشير إلى إدراك أي تغير. وحلص إيمان وزملاؤه إلى القول إنه الرضخ الفين لم يبلغوا سوى شهر واحد يبلون كم يدرك التعبيرات السمعية في تسلسل كلامي ضمن الأصناف العامة نفسها كما يفعل الكبار تماماً.

وقد ظهرت المشتقات من الدراسات حول إدراك الرضخ منذ ظهور هذه الدراسة الأساسية. وتغيرت الوسائل والطرق. ويحد الباحثون أنه ربما أمكنهم الحصول على نتائج أكثر موثوقية وواقعية من خلال تكييف الرضخ لأن يلتفتوا وينظروا إلى دب متحرك أو أي لعبة متحركة أخرى وظيفتها التقوية والتعزيز. (لكن الرضخ دون الستة أشهر غير ناضجين حركياً كي يديروا رؤوسهم). بعد الرضخ للنظر إلى لعبة استجابة لصوت معين فحسب، وبعد ذلك ترسل الأصوات المتشابهة أو المختلفة سمعياً كي يرى إن كان الرضخ يدركها متشابهة أو مختلفة. وقد ذكر كول، «Kuhl» من جامعة واشنطن أن الرضخ البالغين ستة أشهر فحسب، والذين اختبروا ضمن هذه التقنية، قد أشاروا إلى إدراك تباين ضمن الصوائت، وتباين ضمن الصوامت أيضاً حتى عندما كانت الاختلافات في درجة النغم، أو المتحدث أو حتى السياق الصوتي. واكتشف «Jusczyk» أنه يمكن للرضخ أن يدركوا التباين الموجود في الصوامت في بداية الكلمات أو وسطها أو نهايتها، ويمكن للأصوات أن تكون في مؤثر مؤلف من مقطع واحد. وموضوع تقرير إدراك الرضخ للسمات المتباينة في السمات فوق - القطعية بحاجة لمزيد من البحث، ولكن هناك دليلاً على أن الرضخ يدركون المؤثر المحتوي على نبرة متباينة.

والسؤال الذي يظهر إلى الوجود من الدليل المتزايد بشأن مقدرات الرضخ الإدراكية هو هل أن الرضخ «مؤثرون» فطرياً لالتقاط التباينات المهمة لغوياً، أو أن الفروق التي يدركونها هي نتيجة سمات النظام السمعي دون الرجوع إلى اللغة. من

الواضح أن الرضع يقومون بتمييزات سمعية. وحتى الآن، لا يمكننا الجزم بأنهم يقومون بتمييزات صوتية أيضاً. وبموضوع التمييزات التي يقوم بها الأطفال عالياً، على الرغم من المحيط اللغوي، بحاجة لمزيد من المعلومات؛ وأكثر من ذلك نحن في حاجة إلى معلومات كثيرة حول كيفية تأثير تعلم اللغة في القدرات الإدراكية عند الرضع. ما التمييزات التي تصبح أكثر حدة وقوة؟ وما التمييزات التي تضعف وتختفي؟

المؤسسات على الحيوانات Animal Studies

ألقي الضوء على هذه المسألة من خلال اكتشاف مخلوقات غير إنسانية يمكنها أن تدرك تعبيرات سمعية في تسلسل صوتي شبيهة بالكلام على نحو يمكن أن يسمى بالطريقة التصنيفية. فقد راقب مورس وسنودن (Morse & Snowden) معدل نبض القلب عند القرد الهندي استجابة لتغيرات في F_2 و F_3 تعلم أن تحديد تمييزات في مكان التعلق بالنسبة إلى الإنسان. ودرب ووترز وويلسن (Waters & Wilson) قردة هندية كي تتجنب صدمة متصلة بصوت كلامي معين مركب، وهكذا، استطاعا قياس إدراك القردة لتغيرات F_2 . واستخدم كول وميلر تقنية الوقاية من الصدمة في دراسة ثباين F_2 عند التنشيلة*. وتظهر النتائج أن هؤلاء السمعين من غير البشر يظهرون تمييزاً متزايداً عند حدود الأصناف عند الكبار. وتلعب استجابات التنشيلة استجابات الإنسان أكثر من مشابهة استجابة القردة الهندية لاستجابات الإنسان. وربما كان مبعث ذلك أن أنظمة السمع عند الإنسان وعند التنشيلة متشابهة إلى حد كبير.

وربما كانت الخال أن الإدراك التصنيفي للتسلسل الكلامي الذي نجده عند المتكلمين الكبار، والذي تعرف أنه متأثر كثيراً بالتجربة اللغوية، يعتمد على السمات العامة للنظام السمعي وهو موجود عند الرضع من بني البشر أيضاً وعند بعض الثدييات الأخرى. وربما استغادت اللغات من الإمكانية القصوى لسمات النظام السمعي هذا في تطوير الأنماط المتباينة التي تعبر عن اختلافات في المعنى. وهناك نظريات حول كيفية إمكانية تداخل هذه المستويات السمعية والصوتية في تحليل المؤثرات السمعية المركبة في إدراك الكلام.

* التنشيلة. حيوان من جنس أمريكا من فصيلة القوارض شبيهة بالسنجاب (المورد).

التحليل الصوتي والسمعي Auditory And Phonetic Analysis

إننا نعرف أنه يمكن أن يتج عن حدث محدد سماعياً استجابةً شحصية على أنه (أو أنها) سمع (أو سمعت) /s/. وأكثر من ذلك، يمكن للمستمع أن يقول إن الصامت الأول كان /s/، وبما أننا نعرف أن الدلائل السمعية لـ /s/ محتملة على الدلائل السمعية الخاصة بـ /t/ يجب أن يحلل المستمعون عندئذ الحدث على المستوى السمعي في تحديد /s/ (يجب أن يسموه)، وكذلك على المستوى الصوتي كي يستخلصوا /s/ (يجب أن يسموه). والسؤال الذي يظل من دون إجابة هو كيف يتم التحول من الإدراك السمعي إلى الإدراك الصوتي؟ كيف تستعاد الفونيمات إدراكياً منفصلة ومستقلة ثانية. هل تلتقط السمات، وإن كان الجواب «نعم»، هل السمات سمعية أم صوتية؟ هل يحلل المقطع بجملة أم تحلل بوحدة أكبر منه بوصفها كلاً متكاملًا.

لقد رأينا أن الإدراك التصنيفي يمكن أن يتأثر بالعاملة الصوتية، أي: تختلف الحدود الفونيمية باختلاف اللغات، ومن وجهة أخرى، يبدو أن نتائج الدراسات على الرضيع والحيوانات تقررها عوامل سمعية لا صوتية، ومنهج آخر في محاولة فصل العوامل السمعية عن العوامل الصوتية هو محاولة تفحص سلسلات متصلة غير كلامية ومعقدة سمعياً وقد دلت بعض التجارب على أنه يمكن إدراك بعض السلسلات المتصلة غير - الكلامية على نحو تصنيفي. وقد ركب كلتيك وروزنر (Cutting & Rosner) سلسلة متصلة غير كلامية من مؤثر شبيه بالموسيقى، وتختلف في الوقت الصاعد فقط، ووجدوا أن الأشخاص قسموا على نحو تصنيفي مجموعة المؤثرات على مجموعة ذات زمن صاعد سريع رنت كنقرة أوتار الكمان، ومجموعة ذات زمن بطيء الصعود ورنت كنقر أوتار كمان مقوسة. وقد قورنت هذه النتائج بتصنيف الأشخاص أنفسهم للتدرج من /s/ إلى /t/ الذي اختلف على نحو مماثل في زمن الصعود أيضاً، وفي كلتا السلسلتين، وقعت قمة التمييز عند حدود التحديد، وبقي التمييز ضعيفاً في المؤثرات الواقعة ضمن كل فئة أو صنف، ودرسا أيضاً سلسلة متصلة أبسط سمعياً ووجدوا أن النغمات الخالصة التي تدرجت بزمن الصعود حددت على نحو ثابت، أو غير منسجم، لكنها كانت متشابهة في قمم قمة التمييز بقيم المؤثر الموسيقي، وهكذا يبدو

أن التدرج في زمن الصعود يُدرك على نحو تصنيفي بغض النظر عما إن كان كلاماً أو سواه.

واقترح بيسوني (Pisoni) أن الإجراءات المتخلطة في اختبار المستمعين يمكنها هي نفسها أن تؤثر التحليل الصوتي أو السمع للمؤثرات بسبب تركيز بعض الطرق على فعل الذاكرة أكثر من غيرها. والطريق المتبعة، عادة، في اختبار التمييز في هذه الدراسات هي تقنية ABX التي يسمع فيها المستمع A وبعدها B (مختلفة والتي) متبوعة بـ (X). وعليه أن يذكر إن كنت X أكثر ميلاً قليلاً A أو B. وتقنية أخرى هي طريقة (الكرة المختلفة) التي يسمع فيها المستمعون مؤثراً ثلاثياً يختلف فيه مؤثر عن المؤثرين الآخرين، ومهمة المستمع أن يلتقط للمؤثر المختلف، وقد أظهرت دراسة لبيسوني ولازاروس (Lazarus) أن AX4 (تقنية الخيار الإجباري ذي الفواصل الأربع) التي يُسأل فيها المستمع وأي زوج هو أكثر تشابهاً. ومفردات الاختبار هي AA، AB أو AA ينتج عنه تمييز أفضل أي: تحليل سمعي. واقترح المؤلفان أن الاختلاف في النتائج تفسره المحاولات المختلفة على الذاكرة القصيرة المدى للمهام المختلفة. ويضع النموذج AX على الذاكرة القصيرة المدى حلاً أحف من التقنيات الأخرى.

وتعتمد مجموعة أخرى من التجارب التي تتعلق بالتمييز بين المستويات السمعية والصوتية في التحليل الكلامي على التكيف.

دراسات التكيف

لو سمع مستمع إحدى نهايات سلسلة متصلة شبيهة بالكلام مثل /da/ على نحو متكرر على سبيل المثال، وبعدها قدمت له السلسلة المتصلة العشوائية العادية من /da/ إلى /pa/ من أجل التحديد فإن الحد بين الفونيمات الذي سيحتاج عادة سوف يتحول نحو نهاية /da/ من السلسلة المتصلة. أي: يجتهد المستمع، بعد تعرضه للعديد من الأصوات القوية الشبيهة بـ /da/، مزيداً من المؤثرات نفسها على أنها /da/. وهكذا كيف إدراك /vot/ وسوف يدرك المستمع، بعد سماعه عدة إشارات من النهاية المجهورة للسلسلة المتصلة، زيادة صغيرة في vot وكأنها تغير نحو الفتحة غير المجهورة.

يمكن تفسير هذه النتائج من خلال نظرية تفترض وجود لاقطات للسمة الصوتية. فلو كان هناك، في النظام العصبي، عصبونات متخصصة، في توليفها، لاقطات السمات الحسية لغوياً لأمكن، عندئذ، للاقطات الخاصة التي تستجيب لقيم صغيرة في *vot*، والتي تتأخر مع أصوات الوقف للجوهرة على سبيل المثال، أن تصاب بالتعب والإرهاق من خلال العرض المتكرر لـ *stop*. وعندما يتعب لاقط الجهر، عندئذ، سيحدد الأشخاص كثيراً من المفردات في السلسلة المتصلة على أنها غير مجوهرة.

وظهرت عدة دراسات حول التكيف عقب ظهور بحث إيماس وكوربت (Corbet) عام 1973. وقد راجع داروين هذه الدراسات مفصلاً؛ ومع تراكم مادة البحث، يبدو جلياً الآن أن عدة تفسيرات لهذه الدراسات ممكنة، لكن دراسات التكيف تظهر، على أية حال، أنه يمكن أن يكون للعوامل السمعية تأثير كبير في الإدراك التصنيفي، مثلما تظهر الدراسات غير اللغوية أهمية العوامل الصوتية تماماً.

الإدراك التصنيفي والتعلم Categorical Perception And Learning

لقد ذكرنا الدراسات غير اللغوية التي تظهر تأثير لغة ما في فهم الحدود الفونيمية. ويمكننا أن نستخلص من تلك الدراسات أن التعلم يساهم في الإدراك التصنيفي، فضلاً عن أن هناك العديد من الطرق الأكثر قرباً التي درسها العلماء والباحثون بشأن تأثير التعلم على الإدراك التصنيفي: بوساطة التمرين والتدريب المباشر في المخبر، من خلال تأثير التعلم على الإدراك عند أطفال يلاقون معالجة كلامية متصل بداء أوغلة كلامية، ومن خلال اختبار متعلمي لغة ثانية. لكن البحوث معدودة، على أية حال، والنتائج لم تزل تجريبية. وقد نجح سترينج في تدريب متعلمي الإنجليزية على تحسين التمييز داخل الفونيمات في سلسلة *vot* متصلة، ولكنه وجد أنه لا يمكن تعميم التدريب على سلسلة *vot* المتصلة بأصوات كلامية في مواضع نطقية أخرى حيث لا يوجد هناك أي أثر للتدريب على مؤثرات *vot* الشفوية في تمييز مؤثر *vot* الواقع عند قمة اللسان. ووجد كلارني وودن (Carney & Widdin) تحسناً كبيراً في مقدرة الشخص

التمييزية بعد التدريب. واستخدمت عدة مؤثرات vol شفوية بوصفها مقياس مرجعية. وقد قُرب الأشخاص على سماع الاختلافات بين كل قياس والمؤثرات الأخرى في أزواج مؤلفة من AX ، مع تقنية إرجاعية مباشرة. وبعد ذلك أمكن تدريب المستمعين على الإفاضة بتمييزات سمعية لاصوتية في مثل تلك السلسلات المتصلة.

ومن الصعب مقارنة الدراسات التطورية لأن عدداً قليلاً منها فقط استعمل مؤثرات محددة بدقة، وعدداً قليلاً آخر فقط اختبر التميز داخل الفونيمات. ويظهر البحث بشأن إدراك الرضع أن الأطفال يميزون على نحو متشابه، بغض النظر عن المجتمع اللغوي الذي ولدوا فيه. إذ يمكنهم، مثلاً، سماع اختلافات بين $vol 20 +$ و $vol 60 +$ وبين $vol 20 -$ و $vol 60 -$. ولا يميز الرضع بين $vol 20 +$ و $vol 20 -$. ويمكن أن يتمثل السبب في أن الأصوات المتميزة بـ $vol 20 \pm$ يمكن أن ترون كأنها حدث واحد، في حين ترون الفجوة الزمنية الكبيرة بين الدفقة وبداية جهر الأصوات كأنها حدثان. ويبدو أن إدراك الكلام يبدأ بمقدرة فطرية في صنع بعض التمييزات السمعية المحددة، ويشير ستيفنز وكلات (Klat) إلى حقيقة أن الكبار يقسمون سلسلة غير كلامية مشابهة لسلسلات vol بحذ مقدار $vol 20 +$ تقريباً، وتلك إشارة بعيدة إلى إمكانية كون بعض التمييزات طبيعية للنظام السمع.

وعند بلوغ السنة الثانية يمكن للأطفال أن يحددوا على نحو تصنيفي، وتكونت حدودهم الفونيمية مشابهة لتلك التي عند الكبار. واستخدم زلتن وكونجسكنت (Zelt & Koenigsknecht) سلسلات تتدرج من «boos» إلى «peak» ومن «dime» إلى «time» بوصفها أمثلة، ووجدوا، رغم أن الطفل البالغ عامين يحدد المؤثرات بالحدود الصنفية نفسها مثل الطفل البالغ السابعة أو الكبار، أن مناطق التحديد عند الأطفال الصغار كانت أوسع مما يدل على أنهم يحتاجون إلى اختلافات سمعية أكبر لتعلم التمييز. ولم يُدرس هذا التطور الطولي في هذه القدرة الإدراكية مطلقاً. فصعوبات احتار الأطفال الصغار في كل من التحديد والتمييز كبيرة للغاية، لكن هناك، على أية حال، بعض التلميحات إلى أن مقدرة التحديد ومقدرة التمييز لا تتطوران بالمعدل نفسه.

ومن الأسهل دراسة التغيرات الإدراكية عند الناس الذين يدرسون لغة ثانية لأنهم أكبر سنًا ومن السهل اختبارهم، لكننا غير متأكدين من أن عمليات تعلم الفونيمات في اللغة الثانية هي نفسها الموجودة في اللغة الأولى ووجد وليامز (Williams) في الحدود الفونيمية تحولاً نحو الحدود الإنجليزية بين الأطفال الإسبان الأصغر سناً (8 - 10 سنوات) أسرع قليلاً من ذلك التحول الموجود بين الأطفال الأكبر سناً (16 - 14 سنة). أنظر الشكل (5.29). ووجدت مؤشرات إلى أن التمييز يمكن أن يحدث قبل التحديد في عملية التعلم، وهنا مرة أخرى، نحن في حاجة إلى دراسات طولانية، كي نقرر متى التقدم. وسيكون للدراسة التي تحلل إصدار الكلام وإدراكه معاً أهمية خاصة.

العمر	القيم العابرة بالعرض		
	Grouped Values by Exposure		
Age	One	Two	Three
14-18	+2.0	+5.7	+8.7
8-10	+4.7	+7.5	+12.0
Difference	-2.7	-1.8	-3.3

الاختلافات
(الفرق)

الشكل 5.29: اختلافات (voe) نظمياً بـ (ثانية) في تحديد القيم العابرة عند مجموعتين من أطفال يتكلمون الإنشابة. وقسم الأطفال أيضاً وفق تعرضهم بالإنجليزية حسب العمر في الولايات المتحدة الأمريكية: العرض الأول (5 - 8 شهور)، العرض الثاني (1 1/2 - 2 سنتين) العرض الثالث (3 - 3 1/2 سنوات).

الإصدار والإدراك Production And Perception

لقد حلل وليامز إصدار الكلام (من خلال قياس عينات من كلام أشخاص) وإدراكه بوصاطة اختبارات التحديد والتمييز) للتيابن الفونيمي الهام في اللغة الثانية المتعلمة. واكتشف ، بعد تثبيت الحدود الفونيمية عند متكلمي لغة واحدة في /b/ و /p/، وتثبيت القيم التمييزية عند الكبار الذين تكلموا الإنجليزية والإسبانية ، أن إصدارهم لـ /b/ و /p/ في بداية الكلمة يتناظر مع إدراكها. وقد عزل متكلمو الإنجليزية الفونيمات عند حد + voe 25، بينما وصع متكلمو إسبانية الحد عند voe 4

وتنوعت استجابة الإسبان الذين يتعلمون الإنجليزية أكثر من تكلم لغة واحدة عند نقاط عبور دلائلهم التحليلية. ، واتسعت القمم التمييزية لتشمل من تعلم الإنجليزية وحدها، والحدود الفونيمية الإسبانية. وهكذا مثل إدراك سلسلات /b/ - /v/ عند الكبار الذين تكلموا لغتين نقطة وسط. فقد أظهرت الأطياف أثناء الإصدار أن من تكلم لغتين قد أدرك /b/ وفقاً للنظام الإسباني حتى في الكلمات الإنجليزية.

وفي دراسة ثانية تتبع ويليامز التغيرات في إصدار الكلام وإدراكه عند شبان بروتوريكيين ناطقين بالإسبانية ويتعلمون الإنجليزية. ووجد أن نقطة العبور التعيني (التحليلي) كانت تتحول تدريجياً نحو الحدود الإنجليزية كلما ازداد تعرض هؤلاء الشبان للإنجليزية. ففي الإصدار كان الأطفال يستخدمون أنماط /vot/ أقرب إلى الإنجليزية في كلماتهم الإنجليزية والإسبانية، وربما شكلت درجة الحساسية الكبيرة في التباين الفونيمي الهام في اللغة المزج تعلمها نقطة عامة أو علامة مميزة عند المتعلمين الشبان، وهي تقدم لنا تقيراً وتعرض لنا شرحاً بشأن كيفية تعلم تكلم لغة جديدة بتدخل قليل من اللغة الأم.

ولنعد ثانية إلى المتعلمين الكبار حيث تشير دراسة أجراها غوتو «Goto» إلى أن من يتكلم لغتين من الكبار غالباً ما يكون غير مدرك للتمييزات الإدراكية في لغته الثانية حتى لو استطاع إصدارها. وقد وجد الباحثون الأمريكيون في إحدى الدراسات أن متعلمي اليابانية كانوا يقومون بالتمييز الصحيح بين /v/ ، /w/ في الإنجليزية عندما كانوا يصدرون كلمات مثل «lead» ، «read» ، «pray» ، «play» ، ومع ذلك فقد واجهوا صعوبة في إدراك نفس التمييزات في تسجيلات كلامهم أنفسهم، أو في كلام غيرهم. هل فقدوا مقدرة اليابانيين الإدراكية المونة؟ كيف يمكنهم إصدار تمييزات يفضلون في إدراكها. نحن بحاجة إلى المزيد من المعلومات هنا، ولكن سبقودنا هذا إلى السؤال المثير والمهم عن كيفية وصل إدراك المرء لكلامه نفسه أو مقارنته بإدراكه كلام الآخرين.

ترتكز الملاحظة النادرة في أن الأطفال يمكنهم إدراك بعض التمييزات في كلامهم أنفسهم، وهي تمييزات يفضل الكبار في تمييزها، على تجارب كالآتي: يعترض الطفل عندما يقلد الآخرون نقطة غير الصحيح: «I did not say wabbit, I said wabbit» .

ويمكن تفسير هذه الظاهرة على أنها دليل على أن الإدراك يسبق الإصدار. فعندما يسمع الطفل الكبار يقولون «babba»، فإنه يفهم الخطأ، ولكنه غير قادر على إصدار /t/ ويفشل في كشف الخطأ في كلامه نفسه، وتفسير بديل لذلك هو أن الطفل يفهم التمييزات في كلامه على نحو مختلف عن تلك التي عند الكبار. يمكن أن يقوم الطفل بتمييز إدراكي بين صوتيه /aw/ في المقال السابق، حيث يفشل الكبار أي: أن الصنف الفونيمي لـ /t/ عند الطفل واسع على نحو كافٍ لاحتوائه أصواتاً بصنفها الكبار على أنها /aw/. وتفسير ثالث هو أن إدراك الطفل ربما كان مشوشاً لأنه لا يمكنه القيام بالتمييز بعد إصداره للأصوات. وهكذا فالإدراك لا يساعد الإصدار فحسب، بل ينظر إلى ضبط إصدار الأصوات الكلامية بوصفه مساعدة للطفل في جهوده لتمييز الأصوات الكلامية عند الآخرين.

ووجد أنجست وفريك «Aungst & Fricke» تشابهاً محدوداً بين حكم الشخص على صحة إصداره /t/ والمقدرة على تمييزه الفونيمات في كلام الآخرين. إذ لا يجد الأطفال الذين يعانون من نطق غير سليم في /t/ أية مشكلة في إدراك النطق غير السليم عند الآخرين، لكنهم يفشلون في التقاط أخطائهم هم أنفسهم أو اكتشافها. وأظهر كورنفيلد «Kornfeld» أنه يمكن للأطفال أن يصدروا /aw/ في [gwa:z] (، «glass» و [gwa:z] في «grass» بحيث يبديان الشيء نفسه للمستمعين الكبار. لكن هناك، في أية حال، اختلافات طفيفة يمكنها أن تبنى الأساس الذي يعتمد عليه الأطفال في القيام بتمييزاتهم. ويقترح «غول» و «جولدن» «Gool & Golden» أن الطفل في هذه الحالة يمتلك تمثيلاً فونيمياً يختلف عن ذلك الموجود عند الكبار بخصوص /t/. إن فونيم الطفل /t/ يمثل مباشرة صوتياً [t] في حين لا يشتمل فونيم الكبار /t/ على الصوت [t]. ووجد الباحثان أن الأطفال يميلون إلى تمييز صوتهم [t] بوصفه /t/ وهم أفضل في التقاطه وتمييزه من غيرهم.

ربما لا تكون ظاهرة إدراك الاختلاف بين النطق غير الصحيح عند الأطفال والتعويض كما يفهمه الكبار شائعة كما يعتقد. فقد وجد «لوك» و «كوتز» «Lock & Kutz» أن 20% فحسب من بين الخمسة والبعين طفلًا الذين قالوا «لا»، استجابة لصورة حاتم، أشاروا إلى صورة الحاتم عندما سمعوا نطقهم الخاطئ فيها بعدد بيما أشار

80% إلى صورة جناح عند سماع نطقهم غير الصحيح . ووجد ماكريينولدز وكوهين وليرمز (McCarthy, Cohen & Williams) أن قدرة الأطفال على تمييز أصواتهم غير الصحيحة أصعب منها في تمييز أصواتهم الخالية من الخطأ . وغالباً ما يعني التمييز عند بلغي إدراك النفس التحديد الفونيمي لأن اختبارات التمييز اللفظي، كما عرفناها، تمثل سلسلات متصلة من الكلام المركب، ونادراً ما تجري بهذه الخصوص.

ويمكن أن تكون الحال أنه في تعلم التباين الفونيمي تتطور مقدرة تحديد الفونيمات في كلام الآخرين قبل إدراك المرء لأخطائه هو نفسه، وفي تطور متواز بين الإصدار وإدراك النفس على قدر ما يسمع به النضج الحركي . ويبقى الوقت اللام للفاعل بين الإصدار والإدراك غير واضح، ويمكن أن يستهلك الأطفال الذين يتعلمون لغتهم الأولى، أو يصححون ألفاظهم غير الصحيحة، قدراً من الوقت في التفاعل بين الإصدار والإدراك يختلف تماماً عن ذلك الذي يستهلكه متعلمو اللغة الثانية.

Neuro Physiology of Speech Perception

وظائف الأعصاب في إدراك الكلام

إن نصفي الدماغ مهمان للسمع حيث ينقل العصب السمعي المعلومات إلى القصوص الصدغية في نصفي الدماغ؛ لكن التحليل الأدق، الذي يتلو هذه المرحلة، للأنماط الصوتية، كذلك الموجودة في إدراك الكلام، يتركز في أحد نصفي الدماغ.

Cerebral Lateralization

التحديد الدماغي

يتأتى الدليل على أن أحد نصفي الدماغ، الأيسر عادة، مسيطر على الآخر أثناء إدراك الكلام، من الدراسات التشريحية، وتجارب تقسيم الدماغ، ودراسات السمع الثانية وتسجيلات EEG. وكان فيرنيك، الذي أشار إليه الفصل الرابع، أول من ضم منطقة الفصين الجداري - والصدغي المحيطة بالقسم الخلفي من شق رومالد في إدراك الكلام والتعبير اللفظي، ولم يجد فيرنيك عطياً أو تلفاً في القسم الصدغي من تلك المنطقة أثناء تشريحه للأشخاص المصابين بحبسة كلامية فحسب، بل وجد روبرتس وينغيلد أن إثارة تلك المنطقة تتدخل على نحو مؤذ أو مدمر للغاية في القدرة المعوية عندما أشيرت كهربائياً

إن منطقة فيرنيك، وهي الاسم الذي يطلق الآن على نصف القشرة الدماغية اليسرى، مهمة في فك رموز رسائل الآخرين الكلامية، وتوضيح النموذج السمي لما يود المرء قوله. لكنَّ الناس الذين يعانون من حادث صاعقي وعائي (متعلق بالأوعية) إلى اليسار من منطقة الجليزاري - الصدغي يمكنهم النطق بوضوح على الرغم من استبدالهم بعض الفونيمات، ويتكلمون بطلاقة أيضاً. لكنَّ عاداتهم لا تعي إلا القليل، على أية حال، ويصف كودكلاس وجيسجوند Goodglass & Geschwind رغبة هؤلاء المرضى في استبدال الكلمة العامة مثل «it» بأسماء غامضة، واستبدال الأعمال العامة مثل «do» بأفعال غير موجودة، مما ينشأ عنه الإستجابة الآتية في تسمية شيء ما: «أعزف ما هو، انني أستخدمه لأفعل...» انني أملك واحداً هنا...» ومثال آخر غير سوي نحويًا ولكنه فضفاض عليهم المعنى من كودكلاس وجيسجوند هو الآتي: «الأشياء التي أود قولها... آه... الطريقة التي أقول بها الأشياء، ولكنني أفهم الأشياء معظم الوقت، معظمها، وما هي الأشياء».

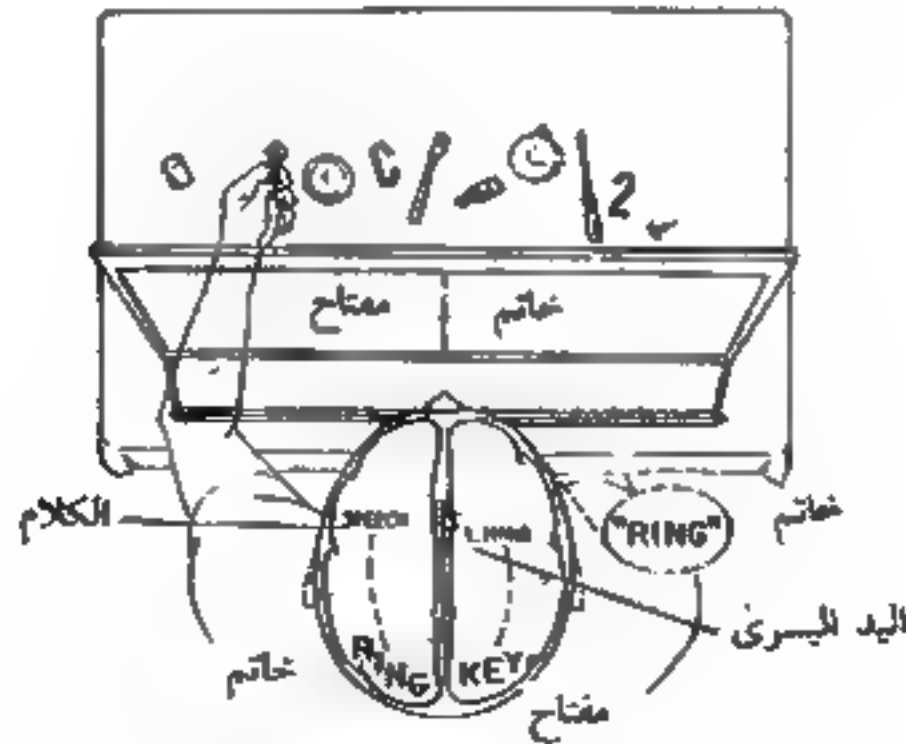
والى جانب المعجز عن تذكر الكلمات الضرورية لشرح فكرة ما أو استدعائها غالباً ما تكون هناك قدرة متضائلة في تمييز معنى شيء ما. قيل بصوت مرتفع، ويمكن لشخص مصاب بحبسة فيرنيك أن يميز نصف الكلمة، وليس معناها المحدد. وهكذا يمكن لشخص مصاب بمثل هذا الداء الإدراكي أن يشير للدلالة على «مصباح كهربائي» إلى قطعة أثاث متزلي، ولكن القطعة الخطأ.

أما إن كانت منطقة فيرنيك نفسها سليمة، لكن الاتصالات بين المراكز السمعية في الفص الصدغي ومنطقة فيرنيك كانت معطلة أو لا تقوم بوظيفتها على نحو سليم، فإنه يمكن لذلك أن يسبب في شكل من أشكال العمى السمي. حيث يمكن للمصاب أن يسمع الكلمة مراراً، ولكن من دون أي فهم أو إدراك لها على الإطلاق، وبعد ذلك يفهمها كاملة على نحو مفاجيء. إن حلقة الوصل هذه بين المراكز السمعية ومراكز الإدراك والفهم يمكن أن تكون ما يتأثر ويتعب عند الناس الذين يتمتعون بإدراك عادي ويخضعون لتحويل لفظي أو نظقي. وعندما يكرر لفظ مراراً يتحدث

● همه. فقد القدرة على التعرف على الأشخاص أو الأشياء ومنلوها (معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا).

المستمعون عن عدة تغييرات في الإدراك، وهم يصغون إلى التكرار. فعلى سبيل المثال: يمكن أن يسمع اللفظ «Flime» الذي لا يشكل كلمة في اللغة الإنجليزية، لفترة قصيرة كـ «Flying» ويملأها كـ «Climb» وأخيراً «Flank». وعلى الرغم من أنها لا نعرف أي شيء عن الإحساس العصبي لهذه الظاهرة إلا إنها تشبه خلافاً وظيفياً في حلقة التوصل بين السمع والإدراك.

ويظهر الدليل المثير على فاعلية نصف الدماغ الأيسر في إصدار الكلام وإدراكه جلياً في إستجابات المرضى الذين أجروا فصلاً جراحياً بين نصفي الدماغ بوساطة قطعة أو قسم من جسم متصلب. وتجري هذه العملية لضبط صرع حاد. ولا يبدو المرضى معوقين حتى تجرى بعض الاختبارات الخاصة من خلال تقديم معلومات إلى كل نصف من نصفي الدماغ على حدة. وبما أن الجسم الرئيس الواصل بين نصفي الدماغ معطل، فإن المريض يمتلك نصفي دماغ مفصولين وظيفياً. وقد أظهر سبيري «Sperry» وكازنيكا «Gazzanica» من خلال اختبار أحد نصفي كرة الدماغ مستقلاً عن مرضى يعانون من دماغ مشطر، أن نصف الدماغ الأيسر لا يعرف ما يفعل النصف الأيمن والعكس بالعكس الشكل (5.30)



الشكل 5.30: تجربة سبيري على مريض بدماغ مشطر. سيرد للمريض شقوياً على مؤشر بصري (والخاتم) في هذه الحالة) مقدّم إلى النصف الدماغ الأيسر، ولي

الوقت نفسه تقوم اليد اليسرى على نحو صحيح باسترجاع (استرداد واكتشاف) أشياء تقدم إلى القسم الدماغى الأيمن على الرغم من إنكار الشخص معرفتها شفويًا، وعندما يطلب من الشخص تسمية شيء اختارته اليد اليسرى يسمى المؤثر الذى يقيم لقسم الدماغ الأيسر.

ولو وضعت ستارة أمام مثل ذلك المريض تقنع بصرياً أشياء مثل «مفتاح»، شوكة» «رسالة» أو «علد» يمكنه، عندئذ، أن يسمي شيئاً ما إذا مالمسه بيده اليمنى (يذهب إلى نصف الدماغ الأيسر) أو إذا لمحه حقله البصري الأيسر، ولكنه لا يستطيع تسميته إذا ماسطع اسم الشيء أمام حقله البصري الأيمن على الرغم من قدرته على الإشارة إلى صورته أو اختياره بيده اليسرى. وقد أظهر البحث الذى قام به سييري وآخرون أن نصف الدماغ الأيسر هو المسيطر، عند معظم الناس، في تعابير اللغة المكتوبة والشفوية. أما في إدراك الكلام، فيمرض نصف الدماغ الأيمن بعض الإدراك أو الفهم، على الرغم من سيطرة نصف الدماغ الأيسر الواضحة.

وقد صمم زاديال «Zaidel» خدمات لأصطف خاصة تُستخدم بموشورات ومرايا لفصل الحقل البصري اليمنى والحقل البصري اليسرى في عين واحدة. وهكذا يمكن توجيه الصور البصرية باتجاه أحد نصفي الدماغ عند الناس الذين يعانون من عطب Corpus Callosum ويضعون رفعة فوق إحدى عينيهم. وبوساطة مثل تلك الطرق أمكن تقديم حل مكتوبة وعبارات متغايرة التعقيد إلى كل من نصفي الدماغ مستقلاً. وتظهر النتائج بوضوح أن نصف الدماغ الأيسر أكثر تعقيداً فيما يتعلق باللغة، حيث يمكن قراءة حل كاملة منه، بينما لا يمكن قراءة سوى كلمات منفردة من الجانب الآخر.

ودرس مسألة تحديد إدراك الكلام عند الناس العاديين أيضاً، وثمة دراسة كلاسيكية في علم وظائف الأعصاب وإدراك الكلام هي دراسة كيمورا «Kimura» بشأن السيطرة الدماغية من خلال استخدام المؤثرات الثنائية. وتذكر أنت أنه في الاستماع الشائى يذهب صوت إلى أذن واحدة ويذهب صوت آخر إلى الأذن المعاكسة، ويرسل كلا الصوتين من خلال السماعات الرئيسية. استخدم كيمورا أرقاماً محكية، وعندما مثل من خضع للتجربة أن يروي ما سمع، ارتكب أخطاء بسبب المؤثرات المتصارعة،

وارتكب الأشخاص في المؤثرات المرسلَة إلى الأذن اليمنى أخطاء أقل من تلك التي ارتكبوها في المؤثرات المرسلَة إلى الأذن اليسرى. ويعرف هذا التأثير بـ «ميزة الأذن اليمنى» ويشار إليه بـ «REA». واعتمد كيمورا في تفسيره لهذا التأثير على الدليل التشريحي المتمثل في أن عند العصيونات السمعية العابرة باتجاه المتجانس المعاكس من الفص الصدغي يفوق عدد تلك التي تذهب مباشرة نحو الفص المتجانس نفسه وهكذا، فإن المعلومات التي ترسل على طول الألياف العصبية للعصب الثامن من قوقعة الأذن تظهر تفوقاً على الأذن اليسرى في دقة إدراك الكلام. وانتهى كيمورا إلى القول إن نصف الدماغ الأيسر متخصص في إدراك الكلام.

ووجد شانكو يلى «Shankweiler» وستلرت كيندي «Studdert-Kennedy» في سلسلة من الدراسات أنه عندما قدمت مقاطع عديدة المعنى مثل /be/، /ba/ أو /ga/ على نحو ثنائي المستمعين يستخدمون بينهم أظهرت الأذن اليمنى تفوقاً ضئيلاً ولكن ثابت. وقد حصل التفوق في الأذن اليمنى في المقاطع المؤلفة من صوت وقف - صائت في الكلام المركب أو الكلام الطبيعي. لكنّ الصوائت الثابتة الصفة لم تظهر أية ميزة أذنية ثابتة.

ويرتكب المستمعون أخطاء أقل في الإدراك عندما تقاسم المقاطع المضطربة سمّة فونيمية. فعلى سبيل المثال يمكن أن يروي المستمع أنه سمع /da/ في أذن و /ba/ في الأذن الأخرى على نحو صحيح لأنها تقاسمان مكان النطق. إلا أنه ربما لم يكن ممكناً الإستجابة لـ /da/ و /ba/ المضطربتين بالدقة نفسها. وعندما يقاسم الزوج المتناظر سمّة الجهر كـ /da/ و /ba/ بدلاً من /da/ و /ga/ يزداد معدل الدقة أيضاً. لكنّ تقاسم مكان النطق يعطي دقة أكبر من تقاسم سمّة الجهر. ولا توجد هنا ميزة أذنية على أية حال. وتكون كلتا الأذنين في حال أحسن عندما تقاسم الأزواج الثنائية سمات. وقد أظهر كينيك «Cutting» و «دي» «Day» وفيجورايت «Vigoris» أن ميزة الأذن اليمنى تتجلى في أقوى أشكالها في أصوات الوقف المتباينة، وعلى نحو أقل في الأصوات السائلة، وفي أدنى صورها، إن كانت هناك ميزة، في الصوائت.

إلا أن ميزة الأذن اليمنى تظهر إذا جعل اختبار الصوائت المتباينة الثاني أكثر تعقيداً وتوجد الاختلافات بين الصوائت والصوائت، التي لوحظت في دراسات

الإدراك التصنيفي في الدراسات الثنائية أيضاً. ويمكن الإمساك أو الاحتفاظ بالصوائت في الذاكرة السمعية لفترة أطول لأنها تتمتع بأميد أطول وشدة أعلى، لكن إدراكها على نحو تصنيفي يكون أقل، ومن ثم تعطي ميزة أذن يمين أضعف، لكنه لا يحتفظ بأصوات الوقف في الذاكرة السمعية إلا لفترة قصيرة جداً لأنها أقل سهولة للتحليل السمعي بسبب قصرها وانخفاض شدتها النسبية، إلا أنها تميز وتصنف حالاً وتعطي ميزة أذن يمين قوية. وقد أوضحت هذه النتائج من خلال وضع مُعالج صوتي خاص في نصف الدماغ الأيسر أو، بدلاً من ذلك، من خلال اقتراح أن نصف الدماغ الأيسر مجهز خاصة لتحليل مؤثرات صعبة سريعة التغير.

وقد ركبت اختبارات السمع الثنائية من كلمات، ومقاطع وأصوات غير كلامية. وقد طلب من خضع للتجربة أن يتحدث عن كلا المؤثرين، أو المؤثر الأقوى أو أن يصني أذنًا واحدة مرة واحدة. واستخدمت الأشرطة الثنائية في اختبار أشخاص ذوي تطور لغوي عادي وغير عادي. وتعدّ هذه الاختبارات بأمل استخدامها وسائل تشخيصية للحصول على معلومات حول التحديد الدماغي.

وأحد الاكتشافات المهمة والمتعة أن المستمعين العاديين الذين قدم لهم زوج من مؤثر ثنائي بمؤثر عدم تزامن استهلاكي قدره 100 ميلي - ثانية، استطاعوا تحديد المؤثر الثاني بدقة تفوق دقة تحديد المؤثر الأول، ويسمى هذا «تأثير التأخير» لأن الأشخاص يكونون أفضل في الحكم على المؤثر المتأخر وذلك مثال للتقنيع التراجعي حيث يقنع المقطع الثاني المقطع الأول. وهنا مرة أخرى، لو اشترك المقطعان بالجهر أو ببعض السمات الأخرى، فلي يكون هناك سوى تأثير تقنيي قليل أو تأخير محدود. ورغم ذلك، وكما يتوقع المرء، فإنه على قدر ما تكون صوائت المقاطع متشابهة سمياً يكون التقنيع التراجعي واضحاً، كما وضع ذلك بيسوني «Pisoni» ومكناب «McNabb». وهكذا يبدو أن التشابه بين الصوائت يصدر تأثير تقنيع تراجعي يمكن شرحه على المستوى السمعي، في حين يبدو أن تقاسم سمة الصوت يسهل الإدراك ويمكن تفسيره على المستوى السمعي أو المستوى الصوتي.

ويأتي آخر قسم في دليل التحديد الدماغي لإدراك الكلام من تسجيلات تحطيط الدماغ الكهربائي التي تُجرى على سطح رؤوس الأشخاص الذين يستمعون الكلام.

وقد سجل وود «Wood» وجوف «Goff» ودي «Day» إستجابات سمعية مثارة لعشرة أشخاص يستخلصون بينهم، عندما كانوا يغفون مهمتي تحديد على سلسلة من مؤثرات كلام مركب تختلفان في تحول F_2 و F_0 . وقد عُدَّت المهمة الأولى لغوية لأن الأشخاص حددوا المقاطع إما بوصفها ba أو da من خلال الضغط على أزرار إستجابة مناسبة. وعُدَّت المهمة الثانية غير لغوية لأنه طلب من الأشخاص تحديد مقاطع ba على أن تكون منخفضة أو مرتفعة في درجة النغم. وقد أجريت التسجيلات من نصفي الدماغ، ومن مواقع مركزية وفوق المناطق الصدغية أثناء كل مهمة. وكانت الجهود المثارة من نصف الدماغ الأيمن متساوية في كل من المهمتين اللغوية وغير اللغوية. إلا إن أنماط نصف الدماغ الأيسر اختلفت في المهمة الأولى عنها في المهمة الثانية. وقد فسرت هذه النتيجة بأن التحليل أو المعالجة السمعية تحدث في نصفي الدماغ، لكنَّ تحديد الفونيمات متوضع في نصف الدماغ الأيسر.

ويحدث شيء ما محدد في نصف الدماغ الأيسر عندما نستمع إلى الكلام، ولا نعرف ما إن كان ذلك نوعاً من التحليل السمعي لمؤثرات عابرة صعبة أو شكلاً من أشكال التحليل اللغوي مثل استخلاص السمات أو تحديد الفونيمات ضمن أصناف أو فئات. ولأنَّ أي تحليل يفترض وجود ذاكرة قصيرة المدى، دعنا نناقش ما يُعتقد بشأن فاعلية الذاكرة في إدراك الكلام.

الذاكرة وإدراك الكلام Memory And Speech Perception

عندما يعرف شخص لغة ما يجب أن يعني هذا أنه اختزن قواعد تلك اللغة ومعجمها في ذاكرة طويلة الأمد. وتحتوي القواعد على القوانين الفونولوجية، والقوانين النطقية لإصدار الكلام، بالإضافة إلى القوانين التركيبية والدلالية لتلك اللغة. وتستخدم هذه القواعد بوصفها مرجعاً في إصدار الكلام، وكذا في إدراكه أيضاً. إننا نسمع أنماطاً كلامية نحللها، ونرجع إلى معلوماتنا المختزنة عن الأنماط الكلامية حول تلك اللغة، كي ندرك ونميز ماذا قيل.

يعتقد أنه يوجد أيضاً ذاكرة قصيرة الأمد للأحداث السمعية. وقلم البحث الجاري إمكانية شكلين للذاكرة السمعية القصيرة الأمد. الأول: عبارة عن صدى

قصير لحدث سمعي يستمر عدة وحدات من ميلي - ثانية فحسب. ويمكن أن تقدم هذه الصورة السمعية نفسها على شكل طيف عصبي يستبدل باستمرار بمعلومات جديدة.

أما الثانية: فهي ذاكرة سمعية أطول لمداء، سماها كراودر «Crowder» ومورتن «Morton» ومستودع ما قبل التصنيف السمعي. ودلّ عليها تأثير المحدثات بوضوح فعندما تقدم قائمة من مفردات (مقاطع، أرقام) إلى مستمعين كي يتذكروها، ينحدر الأداء من المفردة الأولى إلى الثانية إلى المفردة الأخيرة بتقدم ملحوظ، لكنّ الإنحدار ينعكس تماماً في آخر مفردة. ويميل المستمعون إلى تذكر آخر مفردة في القائمة بأعلى درجات الدقة. ويكون تأثير المحدثات في القوائم التي تحتوي على تغيرات في الصوائت أعلى منه في القوائم التي تحتوي على تغيرات في الصوامت. ولا تظهر القوائم التي تختلف في الصوامت المجهورة فحسب إلا تأثير محدّات صغير للغاية. وأحد تفاسير هذا التأثير هو أن المفردة الأخيرة لا تعاني من تدخل من مفردة لاحقة، ومن ثمّ يمكن لتحليل الصوت أن يحدث من دون تقطاع أو توقف. ويفترج داروين أنه بما أن المفردات المتشابهة سمعياً، مثل الصوامت، مربكة أو مشوشة سمعياً، فإنها تظهر تأثير محدّات قليلاً للغاية يموت بسرعة في مستودع ما قبل التصنيف السمعي. لكنّ المفردات المتميزة سمعياً، كالصوائت مثلاً، توضع كي تبقى فترة أطول في مستودع ما قبل التصنيف السمعي، وهي متوفرة من أجل تحليل سمعي أدق، مما يسفر عنه تأثير المحدثات.

أما في الكلام الطبيعي، فيخلب أن يدرك المستمع جدولاً من أصوات أكثر تنافراً سمعياً من سلسلة /ba/، /da/، /ga/ التي تتركب عادة في المخبر. وإن كان الأمر كذلك، فيمكن لمستودع ما قبل التصنيف السمعي للمادة الصوتية أن يعمل على الحدول الكلامي بكامله، مما يسمح بوقت للتحليل للمقطعي والتحليل ضمن المقطع نفسه. ويشير ستيرت وكيندي إلى أننا في حاجة إلى مستودع ذاكرة لعدة ثوان كي يساعدنا في تمييز الأنماط الإيقاعية وإدراكها في درجة النغم، وتميز الأنماط البيرة النسبية لأنها تستغرق تلك الفترة.

Neuro Physiological Development And Perception

يعمل النظام السمعي عند الرضيع البشري على معومدهش، كما شاهدنا حديثاً من دراسات تميز الرضيع للأصوات. ويبدو أن حساسية الطفل مولعة خاصة لسماع الأصوات المميزة في الكلام البشري.

إن حدوث مرحلة الببابة، على الرغم من اعتبارها غير لغوية، يشير إلى مرحلة تشكيل الربط الحسي - الحركي. إن الرضيع، الذي أظهر براعة سمعية منقطعة النظير، يطور ببطء مقدرات إصدار الكلام، وهكذا، يمكنه إقامة علاقات متناظرة بين الأحداث النطقية والنتائج السمعية. ويكشف الرضيع، في مرحلة الببابة قبل تطور الكلام، حساسيته لأنماط درجة النغم عند المتكلمين الآخرين من خلال تقليدهم ومحاكاهم.

وينظر واتيكار (Whitaker) أن الاتصالات بين منطقة فيرنكا ومنطقة بروكا تنشط خلال فترة تتوقف الببابة فيها مؤقتاً. ويمكن تسجيل مبرة سماعية للغة المحكية في مجتمع الرضيع في هذه المرحلة (انظر الفصل السابع لمزيد من بحث المبررات السمعية فيها يتعلق بأغاني الطيور) وهكذا، فعندما يبدأ الرضيع التكلم، وصره لا يتجاوز السنة تقريباً، يكون قد أصبح متحمساً للغة مبرنة ولهجة قومه الخاصة. وسوف يحدث تأخير في اكتساب اللغة إن لم تنشط الاتصالات بين مراكز إصدار الكلام ومراكز إدراكه على معوحسن. يمكن للطفل أن يسمع الصوت ولكنه يفشل في ربط الصوت بالكلام، ومن ثم سيجد صعوبة في تعلم الكلام نفسه.

وثمة مفهوم هام في وظائف الأعصاب وإصدار الكلام هو المرحلة الحرجة أو الهامة في تعلم الكلام. وتتصل المرحلة الحرجة لكل من إصدار الكلام وإدراكه وخاصة بمقدرة وصل إصدار الكلام بإدراكه. وقد ادعى لينيرغ، وبنفيلد وروبرتس، كل متفرقين، أن المرحلة الحرجة تستمر حتى سن البلوغ. وإن تعلم لغة قبل سن البلوغ أسهل من تعلمها بعده، وخاصة تعلم أصوات اللغة. ويعتقد أيضاً أن التحديد الدماغية يتم عادة في سن البلوغ، لكن هناك بعض الدلائل التي تشير إلى

أن سيطرة النصف الأيسر في الكلام ربما بدأت في سن مبكرة، وربما من لحظة الولادة. ووجد كيمورا أن REA مؤسس جيداً عند الأطفال الذين لم يتجاوزوا الرابعة في الكلام المقدم ثنائياً. وتتعلق المرحلة المخرجة في تعلم اللغة بمرونة وظيفة الدماغ التي تقل وتصحح في الكبر. وقد وضع سن البلوغ حداً أعظمياً خارجياً، وعلى قدر ما يكون الطفل أصغر تكون مترابطات تعلم اللغة العصبية مطواعة أكثر. وهكذا، سرعان ما تعالج الحبيسة الكلامية المكتسبة عند طفل من خلال تولي نصف الدماغ الآخر مسؤوليات القيام بوظيفة القسم المعطل نفسها. وتسمح المرونة العصبية، خلال المرحلة المخرجة، للأطفال أن يعوضوا من خلال تأسيس مركز لغوي في منطقة غير معطلة أو مصابة من الدماغ، بينما يفقد الكبار (الذين أصيبوا بحبيسة كلامية) حرية الوصول إلى مستودع لغوي مؤسس مقدماً، ولا يملكون سوى مرونة عصبية محدودة لا تسمح لهم بتأسيس مستودع جديد.

Theories Of Speech Perception

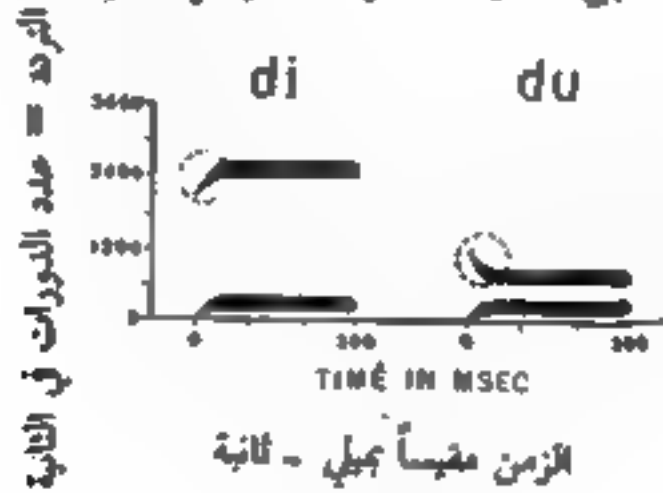
نظريات إدراك الكلام

يقول شخص ما «فليكن في كرة القدم». كيف يبدأ المستمع باستخلاص المعلومات الضرورية في فهم المراد أو المطلوب، وإذا تركت جانباً العمليات الدلالية والتركيبية التي يجب أن تحدث فكيف يتم عزل الأحداث الصوتية من جدول الصوت. هناك مجموعتان هامتان من النظريات حول كيفية إنجاز ذلك، تنظر إحدى هذه المجموعات إلى المستمع على أنه سلمي نسبياً وتعتمد عملية إدراك الكلام حسية أساساً، حيث يُحس بالرسالة، تُصنّف، وتنظم بعد ذلك، مباشرة، وفق سمات تلك اللغة الصوتية. بينما تعطي النظريات الأخرى المستمع دوراً أكثر نشاطاً وترى أن عملية إدراك الكلام تضم بعض مظاهر إصدار الكلام، حيث يُحس بالأصوات، وتُحلّل إلى صفاتها السمعية من خلال الرجوع إلى كيفية إصدار هذه الأصوات، وهكذا، يتم إدراكها. وسناقش بعض النظريات النشطة أولاً، وبعد ذلك، بعض النظريات الحسية السلبية، وأخيراً النظرية للحكمة، وتلك فكرة تصل إصدار الكلام بإدراكه من منظور مختلف قليلاً.

Active Theories

النظريات النشطة (الفاعلة)

هناك نظريتان أساسيتان في إدراك الكلام تؤكدان بعض الرجوع إلى إصدار الكلام وهما: نظرية ليرمان وزملائه «الحركية» من تجربات هاسكنس، ونظرية ستيفس وهالي والتحليل عن طريق التركيب من معهد ماسوشوستس للتكنولوجيا. وقد ولدت كل من هاتين النظريتين من جهود في محاولة إيجاد تناظر واحد - لواحد بين الفونيمات وإشارة الكلام السمعية. إنه من الصعب إيجاد دلائل سمعية ثلثة أو مستقرة لكل فونيم. وغالباً ما يستشهد في نقصان الثبات في الإشارة السمعية بأمثلة $/d/$ - $/t/$ كما في الشكل (5.31) حيث يؤدي تحول عابر صاعد وآخر هابط وظيفة الدلائل السمعية لـ $/d/$ ، أما في مثال $/p/$ - $/k/$ - $/t/$ فتدرك فيه دفقة هوائية بنفسها وبنفس التردد بوصفها فونيماً مختلفاً قبل تشكيلات موجية مميزة في صوائت مختلفة.



الشكل 5.31: أنماط مركبة (مصطنعة) تظهر مقاطع $/d/$ و $/t/$. لاحظ الفرق في اتجاه تحول التشكيل الموجي الثاني.

وهكذا نجد أن نقصان التناظر بين الحوادث السمعية المستقلة والفونيمات المنفصلة يعمل في كلتا الطريقتين؛ حيث يمكن لحوادث سمعية مختلفة أن تدرك كأها العرِيم نفسه، بينما يدرك الحدث السمعي نفسه بوصفه فونيمات مختلفة في السياقات المختلفة. يفيد السياق الدلائل السمعية، وتبث بالتوازي، ولن يكون الكلام وامياً بالفرض لو بث وأدرك فونيماً واحداً في كل مرة. يسمى ليرمان عملية وضع الدلائل

السمعية في الكلام بـ «التكوين»، ولذلك فإن الترجمة ضرورية لفك رموز الإشارة والوصول إلى الفوتيمات. وتكون للقاطع المؤلفة من صوت وقف - صائت عالية ويجب أن تدرك بوصفها مقطعاً قائماً بنفسه، فالفونيمات لا توجد منفصلة في الرمز أو الإشارة السمعية. وتفترض النظرية الحركية أن الآلية التي يستخلصها المستمع للتوسط بين الإشارة السمعية والمعلومات الصوتية أو الفوتيمية هي معرفة المستمع النطقية. وتساعد حقيقة كون البشر متكلمين وراثة على إدراكهم للكلام حتى لو منعهم عجز ما من التكلم على نحو عادي. وبما أن النطق المشترك بسبب «التكوين» السمعي، ربما ساعدت المعرفة اللاشعورية بالقواعد والقوانين النطقية وديناميكيات المجري الصوتي في فك رموز الإشارة السمعية.

ونقطة أخرى تدعيها النظرية الحركية هي أن الكلام صفات إدراكية معينة، ويدرك على نحو مختلف عن الإشارات السمعية الأخرى، وتقرح ميزة الأذن اليمنى في بعض الأصوات والإدراك التصنيفي لبعض الأصوات الكلامية الأخرى أن عملية معينة تستخدم في فك الرموز الكلامية. وقد تحدث نتائج دراسة الحيوان والرضع على إدراك الكلام التصنيفي، وإظهار أن بعض الإشارات السمعية غير الكلامية تحل في صورة أصناف وفي قسم الدماغ الأيسر، هذه الفرضية. وتفقد المقولة القائلة أن هناك عدداً قليلاً من الدلائل السمعية اللامنتهية منظرية للفونيمات بعضاً من قوتها أيضاً عندما يحدّ المرء دلائل العلاقات دلائل هامة وحساسة ولكنها ليست دلائل مطلقة، وأن المقطع هو أصغر وحدة إدراكية. لم يثر على تناظر مباشر مع الفونيمات في المادة البحثية النطقية، وكذا في المادة البحثية السمعية. ومن الصعوبة إيجاد الفونيم في نشاط عصبي معقل وواضح أو حتى في حركات مستقلة وواضحة. ويدور الكلام، على كافة المستويات، شيئاً ديناميكياً بقية السياق.

وكما رأينا، تظهر الدراسات عبر اللغات أن التوقعات اللغوية هامة في الإدراك والفهم، والمعرفة النطقية مهمة أيضاً. حيث يفشل المستمعون في إدراك تجمعات صوتية لا يمكن للمجري الصوتي صنعها أو إصدارها. فإدراكهم مقيد بتوقعاتهم، ويعتمد ذلك على معرفة إمكانيات إصدار الكلام. فقد وجد دورمان، ورافائيل، وليرمان، على سبيل المثال، أنه لو سمع المستمعون /bda/، فإنهم يسمعون عادة دلائل إضلاق /da/، وتحرير /da/، ولكن لو ركب دلائل /da/ و /da/ وقرب

بينهما على محور الزمن، بحيث لا يمكن إصدارها من قبل للجري الصوتي الإنساني، لأجابه المستمعون، عندئذ، بأنهم لم يسمعوا صوت الوقف الأول مطلقاً، ولكن سمعوا تحرير /EdE/ فحسب. ولو أصدر صوت /Eb/، لأجابه المستمعون بأنهم سمعوا /EbdE/، حتى لو كان التقارب بينهما على أعظم درجاته.

وهكذا يكشف البحث الذي يقود إلى النظرية الحركية أهمية الدلائل النسبية، وأهمية السياق، وأهمية المعرفة اللغوية والنطقية في إدراك الكلام.

وتشبه نظرية التحليل بالتركيب، وهي محاولة أخرى لشرح إدراك الكلام في وجه العدد القليل من دلائل القوانين اللامتناهية، النظرية الحركية في أن المستمع يرجع إلى إصدار الكلام، لكن الرجوع هنا سمعي أكثر منه نطقياً. ويعتمد على نظام من التكافؤ أو الانسجام، حيث يستقبل المستمع نمطاً سمعياً ويحلله من خلال استنباط النموذج سمعي لإصداره هو نفسه، يسمع المستمع [baita] يفترض أنها «beat» «you» يقوم بتركيب عصبي سريع لها بنفسه، ولو تكافأت الأنماط أو انسجمت، لقبل عندئذ إدراكه على أنه صحيح، وما هو ميزة إيجابية لنظرية فاعلة من هذا النوع أنه يمكن للمستمع أن يطبق معرفته على القواعد الفونولوجية عندما ينفذ أو يقوم بالتركيب الأولي، ومن ثم يمكنه أن يجعل الاختلافات التي يسببها معدل الكلام السريع والتشوهات الأخرى عادية.

ويشير عمل جستوفس وكلاس وكوزمن «Chistovich, Klee & Kuzmen» في لينينغراد إلى أهمية معرفة إصدار الكلام في إدراكه. وتظهر تجاربهم الظلالية، التي يقول فيها شخص ما رسالة غير متوقعة، على قدر ما أوتي من سرعة ويسمعا عبر سماعات أذن، أن الظلالين يبدوون بإصدار صامت قبل أن يسمعوا كامل الدلائل المتعلقة به. ويشير هذا الإكتشاف إلى أن الدلائل الواقعة في بداية المقطع تشير إلى ما سيلحق أو سيأتي، ويُرجع المستمعون الأنماط القادمة مباشرة إلى أنماط نطقية حركية، قبل أن يفهموا الرسالة كاملة.

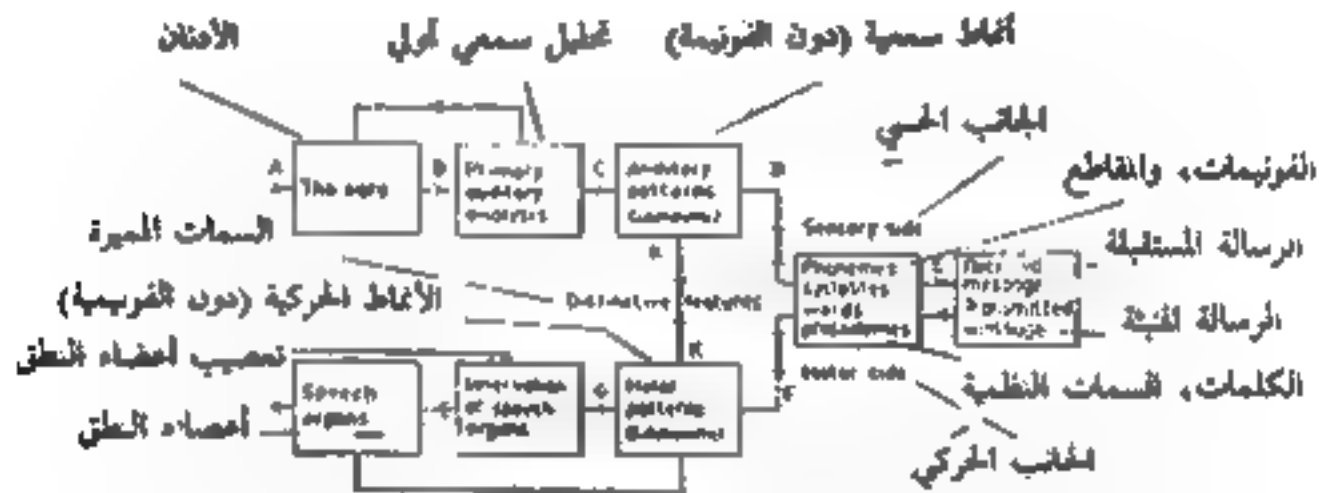
تؤكد النظريات الفاعلة في إدراك الكلام أهمية المعرفة اللغوية، والمعرفة النطقية، والمعرفة بخرج المجري الصوتي المتنوع، ومعرفة التأثيرات السياقية في فك رموز الكلام.

Passive Theories

النظريات السلبية

تولي النظريات السلبية في إدراك الكلام آليات المستمع الحسية والمرشحة أهمية خاصة، ويصيح دور معرفة إصدار الكلام فيها في موقع ثانوي هامشي لا يستلهم إلا في الظروف الصعبة.

ينظر فانت في استكسولم إلى إدراك الكلام على أنه حسي، وتشترك الآلية الإدراكية آلية إصدار الكلام في قائمة من السمات المميزة (الشكل 5.32)، لكنه لا حاجة للمستمع بأن يرجع إلى إصدار الكلام كي يفهمه أو يدركه. فالمراكز اللغوية في الدماغ مشتركة في كل من الرسائل القادمة والخرجة، لكنه ينظر إلى المراكز المسؤولة عن المظاهر دون الفونيمية، والأكثر ثانوية في إصدار الكلام وإدراكه على أنها مستقلة.



الشكل 5.32: نموذج فانت للآليات الدماغية في إدراك الكلام وإصداره. راجع النص لمزيد من التفاصيل.

ووفقاً لهذا النموذج السلبي، كما يبدو في (الشكل 5.32) فإن إدراك الكلام سوف يتعلم وفق خط A B G D E، بينما يكون طريق إدراك الكلام في النموذج الفاعل وفق A B C K F E.. ووجهة نظر فانت أنه بما أن المستمعين قد تعرضوا للغة، فإنهم ينحسسون الانماط المتميزة في الموجة الصوتية، ولا يحتاجون للرجوع إلى مقدرتهم في

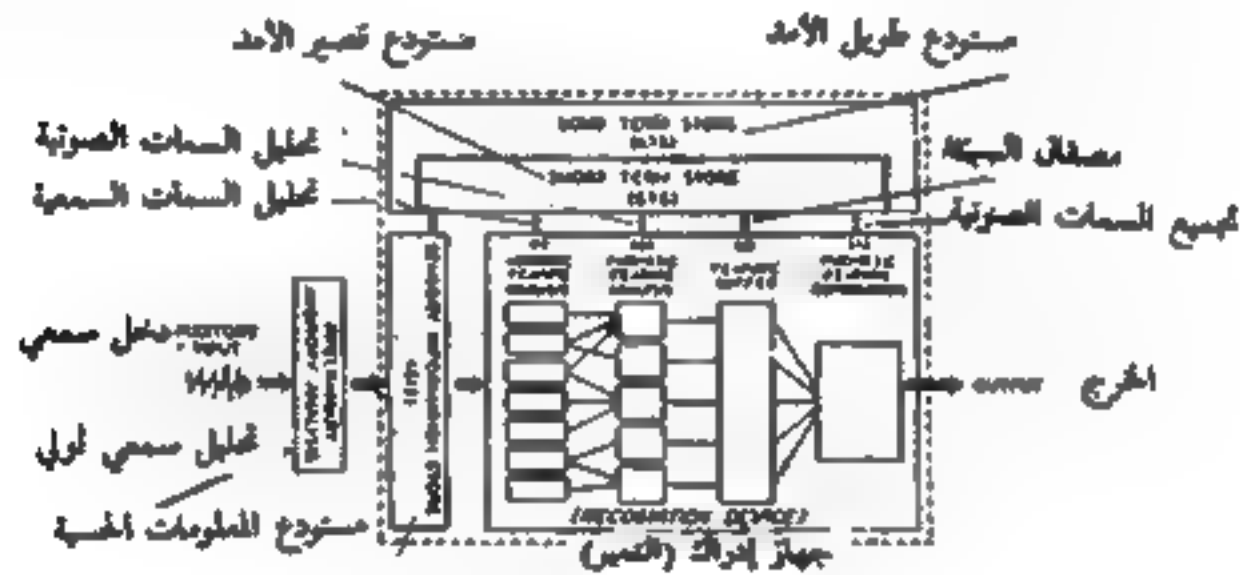
إصدار الكلام إلا عندما يستمعون تحت ظروف غير عادية. وقيم مودرن وبرودبنت نظرية مماثلة؛ ويشاطران فانت الاعتقاد بأنه يمكن للمستمع أن يفك الرموز الكلامية مباشرة، على الرغم من أنه يمكن الرجوع إلى إصدار الكلام عندما تكون مهمة إدراك الكلام صعبة كما هي الحال في الكتابة الصوتية.

وهناك مفهومان نظريان، بإدراك الكلام، سليمان أساساً في تأكيدهما، وهما: الانسجام أو التناظر المعياري، وفكرة مكشافات السمة، ويظهر مفهوم المعيرة السمعية من التجارب على أعالي الطيور. وكما سيفصل الفصل السابع، فإن الطائر يولد مروداً بنسخة أولية بدائية من الأغنية المميزة لجنسه. وتتلور هذه المعيرة عند الطائر الصغير عندما يسمع الكبار تغنيها في البيئة المحيطة. وبعد ذلك يفتننها بنفسه، ويساوي بين جهوده المبذولة بالمعيرة المخزونة. ويقترح مارلير (Marler) أنه ربما يتقدم الرضع البشر بمنحى مشابه عندما يتعلمون الكلام ويمكن الحصول على مفهوم مشابه لإصدار الكلام عند الكبار. يمكن أن يكون الكبار قد خزّنوا أنماطاً كلامية مجردة (معيرات)، وعندما يستمعون الكلام يساويون بين الأنماط السمعية القادمة بالمعيرات المخزونة.

واستعملت فكرة مكشاف السمة من بحوث الرؤية حيث تتحسس خلايا عصبية معينة في قشرة الدماغ مظهراً أو جانباً محدداً من الصورة. فعلى سبيل المثال، هناك مكشافات خاصة بالخطوط الأفقية. وبالمقارنة، يعتقد أن يكون مكشاف السمة في الكلام حساساً لمؤثرات معقدة معينة كتحويلات التشكيل الموجي الثاني مثلاً. أما في البداية، فقد فُسرَت دراسات التكيف وفق شروط نظرية مكشاف السمة. فلو نتج عن تكرار مؤثر معين تحوّل في تحديد الفونيم، لكان يعتقد أن سبب التحول هو تعب مكشاف تلك السمة المعينة بسبب الإثارة المترايدة. وفُسرَت دراسات الرضع ضمن هذه الشروط أيضاً. حيث كان يعتقد أن الأطفال يتحسسون سمات معينة لو عيّدة. وتنطوي هذه النظرية ضمناً على منهج فطري، حيث ينظر إلى البشر على أنهم يمتلكون مقدرة لغوية فطرية على شكل مستقبلات عصبية خاصة مولفة على سمات الكلام المميزة العالمية.

أما في الوقت الحاضر، فإن بعض المنظرين يتعدون عن فكرة مكشاف السمة الصربية نحو فكرة مكشافات السمة السمعية. وقد قام بسوني وسوسج Pisoni

Sawusch* بمحاولة دمج السمات السمعية والسمات الصوتية في نموذج لتمييز الكلام ويفسر هذا النموذج أيضاً وجود مستودع قصير المدى يستقدم المعلومات من خزان طويل الأمد خلال فترة الإدراك والتمييز. ويذهب الكلام للمميز من ذلك، حالاً إلى التحليل الفونولوجي والتركيب والدلالي (الشكل 5.33). ووفقاً لهذه النظرية تنظم السمات التي اكتشفتها مقدرة المكشافات السمعية ضمن نظام من السمات الصوتية كما كشفت ضمن مقطع كامل، وبعد ذلك تتركب أو تجمع ضمن مصفوفة سمات أولية خاضعة لتحليل أدق. ولا تناقش نظرية مكشاف السمة العلاقة بين إصدار الكلام وإدراكه، إنها نظرية حول المرحلة الحسية المشتركة في النظريات الفاعلة والنظريات السلبية، وقد ضُمت إلى هذه الفقرة لأن تأكيدها الأساسي حسي الجوهر.



الشكل 5.33: نموذج بسوني وسومج لإدراك الكلام. تحلل كل من السمات الصوتية والسمعية. ويظهر المستودع القصير الأمد في هذا النموذج على نحو خاص. ويجمع بعض الباحثين بين أفكار للنظريات السلبية والنظريات الفاعلة. فعلى سبيل المثال، رغم اقتناع كوكول وسكوت بالنموذج السلبي، فإنها يفترضان أن إدراك المقطع يرفقه استخدام دلائل ثابتة ودلائل أخرى يحكمها السياق. ففي [sa] من Soccer- ينظر إلى دليل الإحتكاك في [s] على أنه ثابت، لكن هناك دلائل يحكمها السياق في كل من [k] و [s] موروثة في التحولات من حالات التشكيلات الموجية المميزة الثابتة لـ [D] وإلها، بأنها يتغقا مع ليرمان في أن التحولات هامة في تزويد المستمع بإدراك الترتيب الزمني للأصوات في المقطع، ويقترح سكوت وكوكول أن

الدلائل الثابتة والدلائل المتغيرة تحتفظ باستقلاليتهما من حيث هي دلائل على الرغم من استخدام المستمعين لكليهما في الكشف عن المقطع. وتعطي الدراسات حول تأثير السمع المتكرر برهاناً على طبيعتها المتفصلة. فمثل سبيل المثال، لو سمع شخص المقطع [5d] على نحو متكرر، فإن إدراكه سيتقسم من طرف إلى مهسة مقبلة بالإحتكاك وإلى [de] من الطرف الآخر مقبلة بالتحول وحالة القسم الصائت الثابتة. وبالإضافة إلى الدلائل الثابتة والدلائل التي يقيدها السياق، يقترحان دليلاً ثالثاً هو شكل الموجة الذي يدرك في إطار زمني أطول بوصفه حقائق حول الشدة النسبية، والفترة ودرجة النغم.

Quantal Theory

النظرية المُحكّمة

لقد اقترح ستيفن النظرية المُحكّمة، التي لا تشكل نظرية متخصصة بإدراك الكلام تماماً، بوصفها صيغة تصل التغيرات النطقية بالتنتج السمعية، لكنها تنطوي على بعض التطبيقات لنظرية حول إدراك الكلام. إن افتراض النظرية للمُحكّمة الأساسي هو أنه يوجد انقطاع بين مواقع التغيرات النطقية والتغيرات السمعية الناتجة في الحرج. هناك مناطق في المجري الصوتي لا تسبب الاختلافات المستمرة الصغيرة في الموقع النطقي سوى اختلاف صغير أو لا يذكر في الحرج السمي. لكنّ هناك بعض المناطق تشكل الاختلافات النطقية الصغيرة فيها اختلافات سمعية كبيرة؛ وأي تبديل بسيط في الوضع النطقي في هذه المناطق الحساسة سيسبب قفزة مُحكّمة ضمن شروط التغير الصوتي. ومثال واضح عن هذا الانقطاع يظهر واضحاً في صنع التغيرات النطقية المتدرجة من [s] إلى [ʃ]. حاول أن تحرك مكان التضييق اللساني - الحنكي من موقع [s] الخلفي نسبياً باتجاه الأمام وبتدرجات متساوية نحو [ʃ]. يمكنك أن تسمع اختلافات صغيرة للغاية في الصوت طالما يتحرك التضييق على طول الحنك خلف الحافة اللثوية، لكنه عند وصوله الحافة اللثوية مباشرة، يحصل هناك تغير مباشر وكبير في تردد نطاق الصخب الإحتكاكي. هناك قفزة مُحكّمة لـ [ʃ]. وأمام حدود [ʃ] - [ʃʰ] هناك منطقة أخرى ذات تأثير سمعي صغير لطبقة واسعة نسبياً من التعديلات النطقية. يمكن تحريك التضييق إلى الأمام على طول الحافة اللثوية وخلف سطح القواطع المركزية بتغير صوتي قليل. وهكذا نجد أن هناك مناطق نطقية لا تسبب

التغيرات الكبيرة في إصدار الأصوات فيها سوى تأثير صغير على الخرج السمعي، وهناك مناطق أخرى ينتج عن التغيرات النطقية ألفبائية فيها فونيم مختلف سمعياً

وقد أظهر ستيفنز الانقطاع السمعي بوصفه مسبباً للتغيرات السمعية في نصيقات الصوامت البلعومية والحلقية. ويقترح أن لغات العالم المختلفة قد استفادت من هذه المناطق ذات التغير السمعي القليل من أجل تغيرات في مكان النطق في تطوير مناطق لنطق صوامت.

ويبدو أن هندسة المجرى الصوتي تتغير جزئياً المبدأ المحكم. حيث تخلق مناطق ذات تغيرات طوبوغرافية صغيرة بتحريك المضيق (التضيق) من الزمار نحو الشفاه ك: الجدار البلعومي، والحنك، والحافة اللثوية، والشفاه، لكن هناك انقطاعات بنائية أو تركيبية كبيرة بين هذه المناطق. وينطبق المبدأ المحكم على منطقة أمام المضيق وخلفه، ولكنه ليس على التغيرات الخاصة بارتفاع اللسان. وعلى الرغم من أن ستيفنز ويهركل قد اقترحا تجهيزاً عاماً بين الصوائت المرتفعة والصوائت المنخفضة وفقاً للاختلافات السمعية والاختلافات علاقة اللسان بأعضاء النطق الأخرى، لكنه ربما كان صحيحاً أن تغيرات موقع اللسان في الصوائت يمكن إنجازها على نحو متصل تقريباً. ولا تحدث تغيرات محكمة سمعية أثناء تعديل التكلم المستمر من /v/ إلى /f/ أو من /v/ إلى /w/ لأنه ربما كان المجرى الصوتي يزداد انفتاحاً باستمرار.

وذكرنا كل هذا بالطريقة غير المستمرة التي نفهم من خلالها تغيرات مستمرة في الصوامت والطريقة الأكثر استمرارية التي ندرك فيها الصوائت الثابتة الصفة لفترة ما. ويصف ستيفنز الانقطاعات السمعية، لا الانقطاعات الإدراكية، ويجهدها في تغيرات التشكيلات الموجبة المميزة الحقيقية، وفي دراسات إدراك الكلام التي نوقشت مقلماً. فقد كانت المؤثرات المستخدمة في الاختبارات الإدراكية تغيرات بخطى أو درجات سمعية متساوية (شكل لا يمكن للإنسان فعله بسبب طبيعة هندسة المجرى الصوتي غير المستمرة)، ومع ذلك، فقد كان المستمع يدركها وفقاً للطبيعة المحكمة الموروثة في المكان الطقي. وإن لم يشكل هذا دعماً لنظرية فاعلة في إدراك الكلام، فإن هذه النتائج تشير على الأقل إلى أن نظام الإنسان السمعي يتحسس خاصة للتغيرات السمعية التي يصدرها نظام النطق الإنساني.

مراجع الفصل الخامس

BIBLIOGRAPHY

General Readings

- Bartlett, F. C., *Remembering*. Cambridge, England: University Press, 1932. Reprinted in 1958.
- Harwin, C. J., The Perception of Speech in *Handbook of Perception*, Vol. 7: Language and Speech, E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds.) New York: Academic Press, 1970, pp. 175-226.
- Devon, P., and Padden, E. R., *The Speech Chain*. New York: Bell Telephone Laboratories, Inc., 1963.
- Fest, G., Descriptive Analysis of the Acoustic Aspects of Speech. *Lingua* 5, 1952, 3-17.
- Studdert-Kennedy, M., Speech Perception. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*, M. J. Lees (Ed.). Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1970, pp. 349-393.

Hearing

- Durand, J. D., and Lovelock, J. H., *Books of Hearing Science*. Baltimore: The Williams and Wilkins Co., 1977.
- Fletcher, H., *Speech and Hearing in Communication*. Princeton, N. J.: Van Nostrand, 1943. First published as *Speech and Hearing in 1928*.
- Galardi, F. A., *The Human Sense*. New York: Wiley & Sons, 1963.
- Hallböök, H. L. F., *On the Sensations of Tone*. New York: Dover, 1939. Reprint of translation by A. J. Ellis, London: Longmans, Green and Co., 1875.
- Kiang, N. Y. S., and Møller, E. C., Tolls of Tuning Curves of Auditory-Nerve Fibers. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1974, 689-699.
- Stevens, S. S. (Ed.), *Handbook of Experimental Psychology*. New York: Wiley & Sons, 1964.
- Stevens, S. S., and Davis, H., *Hearing*. New York: Wiley & Sons, 1938.
- Van Breegh, W. A., Plack, J. R., and Davis, E. E., Jr., *Waves and the Ear*. London: Heinemann, 1961.
- Von Békésy, G., *Experiments in Hearing*. New York: McGraw-Hill, 1960.
- Watts, P. C., and Lawrence, M., *Physiological Acoustics*. Princeton, N. J.: University Press, 1964.

Acoustic Cues

Vowels, Diphthongs, and Semivowels

- Cohen, R., Fest, G., and Crandall, R., Form-Fragment Models, Pitch, and Vowel Perception. In *Acoustic Analysis and Perception of Speech*, G. Fest and M. A. A. Tatham (Eds.) New York: Academic Press, 1973, pp. 38-62.
- Dalzell, P., Liberman, A. M., Cooper, F. S., and Gerstman, L. J., An Experimental Study of the Acoustic Determinants of Vowel Color (Harmonics on Open and Form-Fragment Vowels Synthesized from Spectrograms). *Percept. Mot. Behav.* 1975, 215-228.
- Fest, G., A Note on Vocal Tract Size Factors and

- Non-Uniform F-Formant Scalings. *J. Prog. Status Rep. Speech Transmission Tech.* 4, 1966, 23-30.
- Fry, D. B., Abramson, A. S., Fisi, P. D., and Liberman, A. M., The Identification and Misidentification of Synthetic Vowels. *Lang. Speech* 8, 1965, 171-188.
- Gary, T., A Perceptual Study of American English Diphthongs. *Lang. Speech* 11, 1970, 61-69.
- Gerstman, L. J., Classification of Self-Normalized Vowels. *IEEE Trans. Aud. Electroacoust. AU*, 16, 1968, 78-89.
- Joss, M. A., Acoustic Phonetics. *Language Suppl.* 11, 1965, 1-136.
- Ladefoged, P., and Broadbent, D. E., Information Conveyed by Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 39, 1967, 169-184.
- Lehmann, P., On the Evolution of Language: A Unified View. *Cognition* 3, 1973, 39-66.
- Liberman, A. M., and Studdert-Kennedy, M., On the Role of Formant Transitions in Vowel Recognition. *J. Acoust. Soc. Am.* 48, 1972, 810-813.
- Lieber, L., Minimal Cues for Separating /wɛɪ/ in Intervocalic Position. *Word* 13, 1967, 256-267.
- Needham, P. E., and Liberman, A. M., A Normalization Procedure for Vowel Formant Data. Paper Presented at 9th International Congress of Phonetic Sciences, Leeds, England, August, 1971.
- O'Connor, J. D., Gerstman, L. J., Liberman, A. M., Delorge, P. C., and Cooper, F. S., Acoustic Cues for the Perception of Initial /wɛɪ/ in English. *Word* 13, 1967, 22-43.
- Strange, W., Verbrugge, R. R., Shankweiler, D. P., and Edman, T. R., Consonant Environment Specifies Vowel Identity. *J. Acoust. Soc. Am.* 60, 1976, 215-221.
- Verbrugge, R. R., Strange, W., Shankweiler, D. P., and Edman, T. R., What Information Enables a Listener to Map a Talker's Vowel Space? *J. Acoust. Soc. Am.* 60, 1976, 199-212.

Nasals, Stops, Fricatives, and Affricates

- Alt, L., Colquhoun, T., Goldstein, J., and Dalzell, R., Perception of Conspicuous Nasality. *J. Acoust. Soc. Am.* 60, 1971, 126-136.
- Cooper, F. S., Dalzell, P. C., Liberman, A. M., Borel, I. M., and Gerstman, L. J., Some Experiments on the Perception of Synthetic Speech Sounds. *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 1962, 387-406.
- Dalzell, P. C., Liberman, A. M., and Cooper, F. S., Acoustic Cues and Transitional Cues for Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1975, 769-773.
- Dennis, F., Effect of Duration on the Perception of Voicing. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1975, 761-764.
- Harris, E. S., Cues for the Discrimination of American English Fricatives in Syllable Syllables. *Lang. Speech* 1, 1966, 1-7.
- Horton, A. E., Analog Studies of Nasal Consonants. *J. Speech Hear. Disord.* 22, 1957, 298-304.
- Kahn, G. M., On the Front Cavity Resonance and its

- Possible Role in Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1973, 426-433.
- Liberman, A. M., Delattre, P. C., and Cooper, F. S. The Role of Selected Stimulus-Variables in the Perception of the Unvoiced Stop Consonants. *Am. J. Psychol.* 63, 1952, 489-516.
- Liberman, A. M., Delattre, P. C., and Cooper, F. S. Some Rules for the Distinction between Voiced and Unvoiced Stops in Initial Position. *Lang. Speech* 7, 1959, 153-167.
- Liberman, A. M., Delattre, P. C., Cooper, F. S., and Gerstman, L. J. The Role of Consonant-Vowel Transitions in the Perception of the Stop and Nasal Consonants. *Psychol. Monographs (Gen. Appl.)* 68, 1954, 1-15.
- Liberman, A. M., Delattre, P. C., Gerstman, L. J., and Cooper, F. S. Temporal Frequency Change as a Cue for Distinguishing Classes of Speech Sounds. *J. Exp. Psychol.* 42, 1954, 327-337.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Eimas, P., Lohr, L., and Easton, J. An Effect of Learning on Speech Perception: The Discrimination of Durations of Silence with and without Phonemic Significance. *Lang. Speech* 6, 1959, 178-185.
- Lohr, L., and Abraham, A. S. A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word* 20, 1964, 394-423.
- Maddox, A. Acoustic Cues for Nasal Consonants. *Language* 32, 1956, 274-279.
- Mermelstein, P. On Detecting Nasals in Continuous Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1972, 581-587.
- Miller, G. A., and Neely, P. E. An Analysis of Perceptual Confusions among Some English Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1966, 319-323.
- Raphael, L. J. Preceding Vowel Duration as a Cue to the Perception of the Voicing Characteristic of Word-Final Consonants in American English. *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1972, 1298-1300.
- Raphael, L. J., and Drach, M. P. Perceptual Equivalents of Cues for the Preceding-Alternate Contrast. *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1972, 546-549.
- Supernormality**
- Bolinger, D. W., and Gerstman, L. J. Deformation as a Cue to Consonants. *Word* 13, 1957, 348-355.
- Fry, D. B. Experiments in the Perception of Onset. *Lang. Speech* 1, 1958, 159-163.
- Fry, D. B. Prominent Phenomena. In *Manual of Phonetics*, B. Malmberg (Ed.) Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1959, pp. 579-610.
- Helding-Kash, K., and Studdert-Kennedy, M. An Experimental Study of Some Infantile Onset Phenomena. *Phonetics* 13, 1966, 179-206.
- Liberman, L. *Supernormality*. Cambridge, Mass: M. I. T. Press, 1976.
- Categorical Perception**
- Adults**
- Abraham, A. S., and Lohr, L. Voice-Timing Perception in Spanish Word-Initial Stops. *J. Phonetics* 1, 1973, 1-8.
- Studdert-Kennedy, M., and Liberman, A. S. Perceptual Switching in Bilinguals. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 1977, 891-894.
- Fry, D., Abraham, A., Eimas, P., and Liberman, A. M. The Identification and Discrimination of Synthetic Vowels. *Lang. Speech* 5, 1962, 171-189.
- Fujisaki, H., and Kamekura, T. Some Experiments on Speech Perception and a Model for the Perceptual Mechanism. *Acoust. Res. Inst. (Tokyo Univ.)* 28, 1976, 207-214.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., and Griffith, B. C. The Discrimination of Speech Sounds within and across Phoneme Boundaries. *J. Exp. Psychol.* 54, 1957, 385-399.
- Lohr, L., and Abraham, A. S. A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word* 20, 1964, 394-423.
- Miyawaki, K., Strange, W., Verbrugge, R. R., Liberman, A. M., Jenkins, J. J., and Fujimori, O. An Effect of Linguistic Experience: The Discrimination of [r] and [l] by Native Speakers of Japanese and English. *Percept. Psychophys.* 18, 1975, 331-348.
- Strange, W. M., Liberman, A. M., Studdert-Kennedy, M., and Ohman, S. Cross-language Study of Vowel Perception. *Lang. Speech* 12, 1969, 1-23.
- Strange, W., and Jenkins, J. J. The Role of Linguistic Experience in the Perception of Speech. In *Perception and Experience*, R. D. Walk and H. L. Pick (Eds.) New York: Plenum Press, 1976, pp. 135-168.
- Infants and Animals**
- Eimas, P. D. Speech Perception in Early Infancy. In *Infant Perception*, L. B. Cohen and P. Salapatek (Eds.) New York: Academic Press, 1978, pp. 193-211.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., and Vigorito, J. Speech Perception in Infants. *Science* 171, 1971, 308-310.
- Jusczyk, P. W. Perception of Syllable-Final Stop Consonants by Two-Month-Old Infants. *Percept. Psychophys.* 21, 1977, 419-424.
- Kuhl, P. K., and Miller, J. D. Speech Perception by the Chimpanzee: Vowel-Vocalism Distinction in Alveolar Nasal Consonants. *Science* 190, 1975, 69-72.
- Morse, P. A. Infant Speech Perception: A Preliminary Model and Review of the Literature. In *Language Perspectives: Acquisition, Representation, and Intervention*, R. L. Schiefelbusch and L. L. Lloyd (Eds.) Baltimore: University Park Press, 1974, pp. 19-32.
- Morse, P. A. Speech Perception in the Human Infant and the Rhesus Monkey. Conference on Origin and Evolution of Language and Speech. Ann. N. Y. Acad. Sci. 288, 1976, 694-707.
- Morse, P. A., and Snowden, C. T. An Investigation of Categorical Speech Discrimination by Rhesus Monkeys. *Percept. Psychophys.* 17, 1975, 9-16.
- Winn, B. E., and Wilson, W. A. Jr. Speech Perception by Rhesus Monkeys: The Voicing Characteristic in Syllable-Final Labial and Velar Stop Consonants. *Percept. Psychophys.* 19, 1976, 289-293.

Auditory and Phonetic Analysis

- Carey, A. R., and Wells, G. F. Acoustic Discrimination within Phoneme Categories. *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 1978, 528 (A).
- Cotting, J., and Simon, B. S. Categories and Boundaries in Speech and Music. *Percept. Psychophys.* 24, 1978, 584-596.
- Simon, J. D., and Carlin, J. B. Selective Adaptation of Linguistic Pattern Systems. *Cognitive Psychol.* 4, 1971, 88-108.
- Platt, R. B., and Lamer, J. H. Categorical and Noncategorical Modes of Speech Perception along the Voicing Continuum. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1978, 128-138.
- Stange, W. The Effects of Training on the Perception of Synthetic Speech Sounds. *Verst. Comm. Trans.* Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota, 1972.

Perception and Learning

- Brown, C. D. Discrimination and Identification of Synthetic Speech by a Child Exhibiting Voicing Confusion in Production. Paper presented at ASA meeting, Washington, D. C., 1978.
- Simon, C., and Fagan, A. J. Cross-language Study of Speech pattern Learning. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 1978, 6, 1-245.
- Stevens, S. S., and Kim, D. H. Role of Formant Transition in the Voiced-Voiceless Distinction for Stops. *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 1975, 688-698.
- Williams, L. Speech Perception and Production as a Function of Exposure to a Second Language. Unpublished doctoral dissertation, Harvard University, 1978.
- Zeig, M. A., and Karsigalnick, R. A. Development of the Voicing Contrast: Perception of Stop Consonants. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 541-552.

Production and Perception

- Auger, L. F., and Fitch, J. V. Auditory Discriminability and Consistency of Articulation of /r/. *J. Speech Hear. Disord.* 38, 1973, 78-85.
- Borden, G. J. Use of Feedback in Established and Developing Speech. In *Speech and Language Advances in Basic Research and Practice*, Vol. IV. H. J. Loh (Ed.) New York: Academic Press (in press).
- Coak, M., and Cohen, S. A Psycholinguistic Account of Why Children Do Not Detect their own Errors. Paper presented at ASHA meeting, Detroit, 1971.
- Goto, M. Auditory Perception by Normal Japanese Adults of the Sounds 'L' and 'R'. *Neuropsychology* 6, 1971, 217-222.
- Karsigalnick, J. B. What Initial Clusters Tell Us About the Child's Speech Code. *Q. Prog. Rep. Res. Lab. Environ. St. T.* 38, 1971, 218-227.
- Leah, J. L., and Kohn, K. J. Memory for Speech and Speech for Memory. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 178-189.
- McFayssah, L. V., Kohn, J., and Williams, G. C.,

- Articulatory-Defective Children's Discrimination of their Production Errors. *J. Speech Hear. Disord.* 48, 1975, 227-238.
- Maryuk, P., and Anderson, S. Children's Identification and Reproduction of /r/, /r/ and /r/. *J. Speech Hear. Res.* 12, 1969, 38-52.

Neurophysiology of Speech Perception

- Bertin, C. Hemispheric Asymmetry in Auditory Tasks. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*. H. J. Loh (Ed.) New York: Academic Press, 1978.
- Cotting, J. B. A Parallel between Knowledge and the Ear Advantage. *Speeches from an Ear-Matching Task*. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1973, 388 (A).
- Darwin, C. J. Ear Differences in the Recall of Pictatives and Verbs. *Q. J. Exp. Psychol.* 23, 1971, 61-82.
- Darwin, C. J. Dichotic Backward Masking of Complex Sounds. *Q. J. Exp. Psychol.* 23, 1971, 388-398.
- Oy, H. S., and Vigorito, J. M. A Parallel between Knowledge and the Ear Advantage: Evidence from a Temporal-Order Judgment Task. *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1973, 388 (A).
- Gardner, H. The Shattered Mind. Westchester, Md.: Knopf, 1975.
- Gazzaniga, M. S., and Sperry, R. W. Language after Section of the Coronal Commissure. *Brain* 88, 1967, 131-148.
- Geddes, J. J. Perceptual Difficulty and the Right Ear Advantage for Verbs. *Brain Lang.* 4, 1978, 388-398.
- Geddes, H., and Galsworthy, M. Language Disorders (Aphasia). In *Handbook of Perception*, Vol. 7: Language and Speech. E. C. Carter and M. P. Friedman (Eds.) New York: Academic Press, 1978, pp. 388-428.
- Kosman, O. Coronal Dominance and the Perception of Verbal Stimuli. *Can. J. Psychol.* 15, 1971, 161-171.
- Kimura, D. Functional Asymmetry of the Brain in Dichotic Listening. *Can. J.* 1977, 168-178.
- Levins, E. H. Biological Foundations of Language. New York: Wiley & Sons, 1977.
- Milner, B. (Ed.). *Neurophysiology of Speech and Hearing*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1978.
- Penfield, W. L., and Roberts, L. *Speech and Brain Mechanisms*. Pittsburgh, H. J. Pennman University Press, 1958.
- Platt, R. B., and McNabb, S. D. Dichotic Interactions of Speech Sounds and Phonetic Pattern Processing. *Brain Lang.* 4, 1974, 381-392.
- Shankweiler, D. P., and Gooden-Kennedy, M. Identification of Consonants and Vowels Presented to Left and Right Ears. *Q. J. Exp. Psychol.* 30, 1977, 1-11.
- Sperry, R. W., and Gazzaniga, M. S. Language Following Surgical Disconnection of the Hemisphere. In *Brain Mechanisms Underlying Speech and Language*. C. H. McGillem and F. L. Darby (Eds.) 1977.

- New York: Gross and Stratton, pp. 108-121.
- Studdert-Kennedy, M., and Charkvinkel, D. P., Hemispheric Specialization for Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 48, 1970, 579-586.
- Warren, E. M., Verbal Transformation Effect and Auditory Perceptual Mechanisms. *Psychol. Bull.* 71, 1969, 263-270.
- Wise, M. and House, A. R., Perception of Dichotically Presented Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1972, 57-58.
- Wernicke, C., *Der aphasische Symptomencomplex*. Berlin: Franck and Koenig, 1874.
- Whitaker, H. A., Neurobiology of Language. In *Handbook of Speech Perception*, Vol. 7: Language and Speech. R. C. Carstairs and M. P. Friesen (Eds.). New York: Academic Press, 1978, pp. 386-428.
- Wise, C. C., Auditory and Phonetic Levels of Processing in Speech Perception: Neurophysiological and Information-Processing Analysis. *J. Exp. Psychol. (Hum. Percept.)* 104, 1978, 3-20.
- Wood, C. C., Luff, W. R., and Day, E. E., Auditory Evoked Potentials during Speech Perception. *Science* 173, 1971, 1250-1252.
- Zaldivar, E., Linguistic Competence and Related Functions in the Right Cerebral Hemisphere of Man. Unpublished doctoral dissertation, Cold Institute of Technology, 1973.
- ### Memory and Speech Perception
- Cole, R. A., Differing Memory Functions for Consonants and Vowels. *Cognitive Psychol.* 4, 1972, 30-34.
- Crowley, R. G., Visual and Auditory Memory. In *Language by Ear and Eye: The Relationship between Speech and Reading*. J. F. Kavanaugh and I. G. Mattingly (Eds.). Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1972, pp. 253-275.
- Crowley, R. G., and Morton, J., Phonological Acoustic Storage (PAS). *Percept. Psychophys.* 3, 1969, 381-385.
- Darwin, C. J., and Baddeley, A. D., Acoustic Memory and the Perception of Speech. *Cognitive Psychol.* 8, 1976, 41-60.
- Mazzoni, D. W., Hyperacoustic Images, Processing Time, and Perceptual Limits in Auditory Perception. *Psychol. Rev.* 79, 1972, 226-244.
- Norrich, D. A., *Memory and Attention*. New York: Wiley & Sons, 1968.
- Studdert-Kennedy, M., Shankweiler, D. P., and Schmalzer, S., Opposed Effects of a Delayed Channel on Perception of Dichotically and Monotically Presented CV Syllables. *J. Acoust. Soc. Am.* 48, 1970, 889-898.
- ### Theories of Speech Perception
- Abbs, J. H., and Sumner, H. M., Neurophysiological Feature Detectors and Speech Perception: A Discussion of Theoretical Implications. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 23-30.
- Adin, A. E., New Phenomena in Selective Adaptation? Experiments on Syllable Position and Environmental Percept. *Psychophys.* 16, 1974, 91-95.
- Baker, P., Perceptual Adaptation for Acoustical Features in Speech. *Speech Perception Report on Speech Research at Program Surveys*. British Psychology Department, The Queen University, 1971, pp. 20-26.
- Chomsky, L. A., Kline, V. A., and Korman, Y. L., The Process of Speech Sound Discrimination. *Acoust. Psychol.* 8, 1962, 28-32.
- Cole, R. A., and Scott, R., Toward a Theory of Speech Perception. *Psychol. Rev.* 81, 1974, 369-376.
- Conger, M. E., Adaptation of Phoneme Feature Analysis for Place of Articulation. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1974, 667-687.
- Conger, M. E., and Liberman, S., A Label Feature Analysis in Speech Perception. *Percept. Psychophys.* 15, 1974, 401-408.
- Garman, M. F., Raphael, L. J., and Liberman, A. M., Some Experiments on the Sound of Silence in Perceptual Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 65, 1979, 1510-1527.
- Fest, C., Auditory Patterns of Speech Models for the Perception of Speech and Visual Form. W. Wether-Dunn (Ed.). Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967, pp. 111-125.
- Lane, H. L., The Mirror Theory of Speech Perception: A Critical Review. *Psychol. Rev.* 72, 1966, 275-304.
- Liberman, A. M., The Grammar of Speech and Language. *Cognitive Psychol.* 1, 1970, 201-233.
- Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. S., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431-461.
- Marler, P., A Comparative Approach to Vocal Development: Song Learning in the White-crowned Sparrow. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 72, 1970, 1-25.
- Morton, J., and Broadbent, D. E., Passive versus Active Recognition Models or In Your Homunculus Really Necessary? In *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. W. Wether-Dunn (Ed.). Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967, pp. 103-110.
- Peterson, D. R., and Schwartz, J. R., Some Stages of Processing in Speech Perception. In *Structure and Process in Speech Perception*. A. Cohen and S. G. Neustein (Eds.). Berlin: Springer-Verlag, 1975, pp. 36-74.
- Seiden, R. M., The Quantal Nature of Speech: Evidence from Articulatory Acoustic Data. In *Human Communication: A Critical View*. E. E. Garman and P. B. Green (Eds.). New York: Macmillan, 1972, pp. 31-40.
- Servant, K. W., Further Theoretical and Experimental Notes for Quantal Place of Articulation for Consonants. *Q. Prog. Rep. Res. Lab. Electron. M. I. T.* 1971, 249-267.
- Stevens, K. V., and Miller, M., Comments on Analysis by Synthesis and Directive Features in Models for the Perception of Speech and Visual Form. W. Wether-Dunn (Ed.). Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967, pp. 90-102.

- Stevens, K. N., and House, A. S., Speech Perception. In *Foundations of Modern Auditory Theory*. Vol. 2. J. Tobias (Ed.) New York: Academic Press, 1972. pp. 3-57.
- Stevens, K. N., and Perlmut, J. S., Speech Physiology and Phonetic Features. In *Dynamic Aspects of Speech Production*. M. Sawashima and J. G. Cooper (Eds.) Tokyo: University of Tokyo Press, 1977. pp. 323-341.
- Stoddert-Kennedy, M., Liberman, A. M., Harris, K. S., and Cooper, F. S., Motor Theory of Speech Perception: A Reply to Lane's Critical Review. *Psychol. Rev.* 77, 1970, 234-244.
- Whitfield, I. C., and Evans, E. F. Responses of Auditory Cortical Neurons to Stimuli of Changing Frequency. *J. Neurophysiol.* 28, 1965, 655-672.

الفصل السادس

أجهزة البحث في علم الكلام . Research Tools In Speech Science

أن نعرف أننا نعرف ما نعرف، وأننا لا نعرف ما لا نعرف، تلك هي المعرفة الحقيقية ثورو والدين (مستشهداً بكونفيشيوس).

إن هدف البحث هو إيجاد أجوبة عن أسئلة بشأن أنفسنا وبشأن العالم المحيط بنا. وربما لا يمكن تحقيق هذا الهدف كاملاً لأنه يجب على نتائج البحث أن تصفى من خلال إدراكنا لها. وهي في أحسن الأحوال مجرد تجريدات للواقع. ومع ذلك، فإن عملية البحث هي وسيلة دراسة أقسام من ظواهر مركبة معقدة بهدف توحيد الأقسام في فهم أفضل. وهناك عدة طرق في البحث عن أجوبة تستخدم دراسة الصوتيات طريقتين منها وهما الملاحظة والتجربة.

Observational And Experimental Research بحوث الملاحظة والتجربة

يعتمد أسلوب الملاحظة على تسجيل حوادث بفرض تنظيم علائق فيها بينها. أما في الأسلوب التجريبي، فتراقب العلائق تحت ظروف مضبوطة يبدل فيها المحرّب التغيرات التجريبية بانتظام.

وأحد الأمثلة للبحث الذي يعتمد على علم مادة مجموعة من خلال الملاحظة هو تنظيم الدالات المتعلقة بوظائف الأعضاء الفيزيولوجية من خلال تسجيلها. فعلى سبيل

المثال، يقيس الباحث المهتم بالعوامل الضابطة للتردد الأساسي في الكلام: التردد الأساسي، وخرج عدد من العضلات الحنجرية، وضغط الهواء التحجري. وعليك مراقبة العلائق كعلاقة نشاط العضلة الدرقية - الحلقائية في التردد الأساسي أثناء الجهر. وفي مثال آخر، يمكن فحص الأطياف الصوتية لمقارنة أنماط التشكيلات الموجية المميرة، وأنماط الصخب بالسلمات (الصوتية) كالفرق بين طبقات التردد العالي في احتكاك /ك/ و /س/ في مياقات صوائت مختلفة.

ويمكن استخدام الأسلوب التجريبي في دراسة الصوتيات الفيزيولوجية المتعلقة بوظائف الأعضاء. وقد تكون التسجيلات النموذجية التجريبية على النحو الآتي: تقارن الألفاظ الكلامية التي تصدر عاديًا (حالة الضغط) بالألفاظ نفسها تحت حالة أو ظرف أو شرط تجريبي كالمخدر القوي مثلاً كي يلاحظ تأثيرات إزالة الحساسية على الكلام، ففي هذا المثال يكون المتحول التابع هو الكلام (والمتحول الذي يُراقب لأية تغيرات حاصلة) ويكون التابع المستقل (المتحول الذي يتحكم به الباحث) هو وجود المخدر أو غيابه.

إن استخدام الأسلوب التجريبي شائع في دراسات إدراك الكلام. فمن خلال ضبط نمط الترددات، والشدة، والتوقيت في مؤثرات الكلام المركب، يمكن استخدام التغيرات لاكتشاف ما التأثيرات الإدراكية التي يمكن أن تفاعلها عند المستمعين. وعلى نحو مماثل، يمكن استخدام مؤثرات الكلام العادي في تجارب إدراك الكلام. ويمكن للمتحول المستقل أن يكون زرع طقطقة في كلام مسجل، أو حذف بعض أجزاء الرسالة، أو تشويه الإشارة وفي مثل هذه التصميم التجريبية، ستكون الطريقة التي تُدرك فيها الأصوات بعد التغيرات هي المتحول التابع.

وعندما يتوافر الجهاز أو الآلة لدى الباحثين، كما حدث بقدوم الطيف الصوتي، وتخطيط العضل الكهربائي، يأتي حين من الوقت يحيل البحث فيه إلى الملاحظة والمراقبة، مثل مقارنة الأنماط السمعية في الطيور أو أنماط النشاط العضلي في تسجيلات EMG بالسلمات، والأصوات الكلامية، أو مقاطع الكلام. ويحدث عادة أن فترة تنظيم النتائج في نظريات أو نماذج تختير بعد ذلك من خلال استخلاص افتراضات تجريبية من نظرية عامة واسعة، وتصميم عدة تجارب أو تجربة واحدة لاختبارها. وتصفى النظرية وتنقح شوافر المعلومات المتوافرة. وهكذا يكمل البحث التجريبي ويبحث الملاحظة كل

منها الآخر. ويتطوي بحث الصوتيات على دراسة منتظمة لوظائف الأعضاء في إصدار الكلام، والخصائص البلغية والسمعية للرمز الكلامي، وإدراك المستمعين للأصوات الكلامية.

Some Instruments

بعض الأجهزة

يجب أن يعرف علماء الكلام كيف يستفيدون من الأجهزة العديدة المناسبة في بحوث الكلام. وعلى الجملة يمكن تقسيم المعروضات الآلية على مجموعتين: تختص الأولى بتحليل المخرج الكلامي سمعياً أو فيزيولوجياً، وتختص الثانية بتحليل الدخول. كما في جمع استجابات المستمعين في بحوث إدراك الكلام. يصور الشكل (6.1) بياناً بالأجهزة أو الآلات الأساسية المستخدمة غالباً في تحليل المخرج الكلامي. يسجل صوت المتكلم بطرائق عدة متنوعة. وتضم الإمكانيات تسجيل الإشارة السمعية، وحركة عصبو النطق أو بعض الحوادث الفيزيولوجية الأخرى المتصلة بوظائف الأعضاء مثل الضغط الحوائي أو النشاط العضلي. ويمكن تحويل الإشارات المسجلة أو تعديلها بواسطة مضخمات الصوت أو مضعفاته، أو المصافي، أو استخدام آلات التكميل، أو يمكن عدّه وإحصاءه واستخراج متوسطه بواسطة حاسوب قبل عرضه.

معدلات - محولات	معدات عرض	معدات - محولات	معدات عرض
الشدة	الشاشة CRT	ميكروفون	معدات - مثبتات
مضخمات (مكبرات)	معدات - مثبتات	شرط	الأطراف الصوتية
مضخمات	معدات - مثبتات	سمعي	معدات x - y
آلة تكامل	معدات - مثبتات	بصري	ليسكرود
التردد	معدات - مثبتات	فزيولوجي	كاشف الكذب المجهري
مصافي	معدات - مثبتات	فيلم	أجهزة قياس
مبدلات	معدات - مثبتات	أشعة x	منشابه
الوقت - الزمن	معدات - مثبتات	سينمائي	رقمي
أمرؤز انتقائي	معدات - مثبتات		ساعات
موقف	معدات - مثبتات		
ضابط	معدات - مثبتات		
محدد، موسع، مطول	معدات - مثبتات		

الشكل 6.1 : أجهزة تستخدم في تحليل إصدار الكلام.

تُعرض الإشارات المختلفة، أحياناً، بواسطة مقاييس أو جهاز مراقبة أو مرسمة اليدوية، وهذه تشبه شاشات التلفاز. وهناك شكل عرض يدوم أطول وهو «السح الواسع» وذلك مصطلح يستخدم للدلالة على مادة بحث على قطع ورقية يمكن تحليلها حتى بعد انقضاء التجربة. وتصدر «مرسمات المحيرة ومرسمات x, y ، والتصوير العادي أو السينمائي، والأطراف الصوتية نسخاً واضحة. وتصوير الكلام السينمائي العلوري هو أسلوب بحث يعتمد على صفوف خرج مركبة من الأجهزة، والمسجل هو آلة تصوير حركية تسجل صوراً شعاعية لمجرى التكلم الصوتي من مضخم صورة يصخم الصورة الشعاعية من خلال زيادة التباين بين عدة أجزاء فيها. والعلم المظهر هو للعرض، حيث يمكن تحويله إلى رسوم بواسطة تحليل العلم صورة صورة. وبدل آخر هو أنه يمكن تتبع نقطة مُعلَّمة بذاتها في عضو نطق من صورة إلى صورة، وتصور على حاسوب مراقب يمكن الحصول على نسخة واضحة منه.

Acoustic Phonetics

الصوتيات السمعية

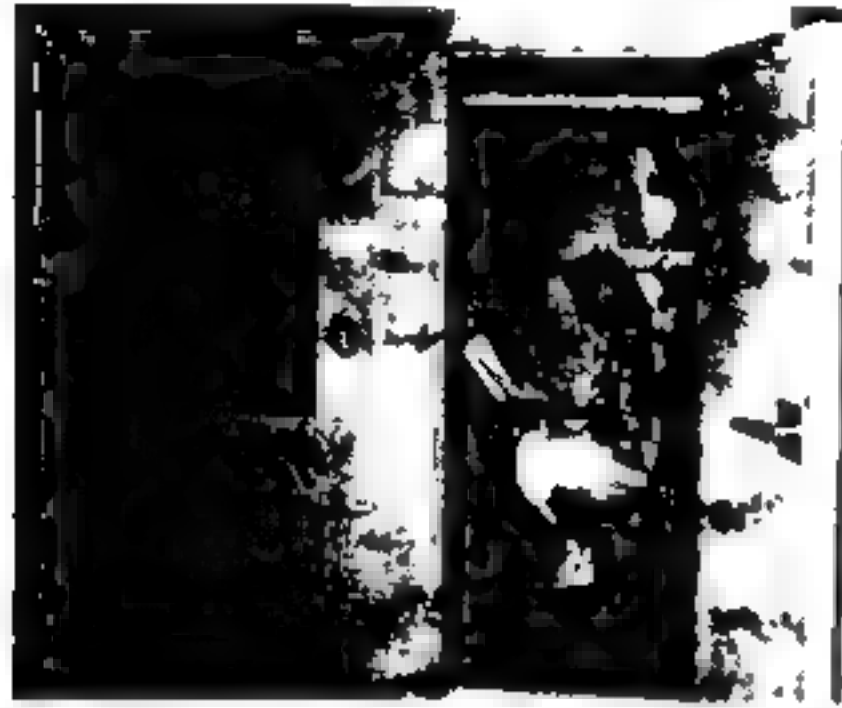
إن الأجهزة المستخدمة في تحليل الأصوات الكلامية متوافرة في معظم أقسام الكليات التي تعرض برامج دراسات وبحوث في الكلام والسمع، ومتوافرة أيضاً حتى في تلك الأقسام التي لا تحتوي إلا على أجهزة قليلة في دراسة وظائف أعضاء الكلام. إن استخدام آلات التسجيل الشريطية، ومرسمات الذبذبات الصوتية أصبحت عملية تقريباً، وأصبح الطيف الصوتي معروف على نحو متزايد أيضاً.

Recording Speech

تسجيل الكلام

العديد منا شديد التدقيق في اختيار أجهزة تحليل الكلام وتقويمها واستخدامها، ومع ذلك نظل غير مهتمين بالطريقة التي تسجل فيها الصوت نفسه. والهدف من التسجيل الشريطي إنما هو التقاط إشارة كلامية صافية بأقل قدر ممكن من التشويه، ومستوى قليل من الضجيج المحيط. إن موقع التسجيل شرط مهم للغاية. وتقل

مقصورة مصفحة سمعياً، يجدران تمصص الصوت (كما في الشكل 6.2) حيث يجلس فيها المتكلم أمام مذياع «ميكروفون» والباب مغلق، موقعاً مثاليًا، وإن لم تتوافر المقصورة المصفحة سمعياً فإن ما يفي بالغرض غالباً هو تسجيل الكلام في غرفة هادئة ذات قرميدات سمعية أو بطانيات أو مواد أخرى ماصة للكلام، ويتم التسجيل في أهدأ أوقات اليوم. إذ تكون القرّة التي في داخل المبنى عادة أهدأ من الغرف المطلّة على شارع مزدحم، إلا إذا وقعت الأولى بجوار مصعد المبنى.



الشكل 6.2 : متكلم يسجل صوته في مقصورة مصفحة سمعياً (جامعة تيمبل)

ويستجيب المذياع «الميكروفون» للموجات الضغطية ويحول الاختلافات الضغطية إلى إشارات كهربائية مختلفة على محور الزمن. وتنقل الإشارات إلى رأس التسجيل في آلة التسجيل، حيث تبدل الإشارة الحقل المغناطيسي، ومن ثم تصنع أو تفرض نمطاً على الغطاء الأكسيدي المعدني في الشريط السمي البلاستيكي. واختيار المذياع مهم أيضاً حيث يثبت مذياع أحادي الإتجاه على بعد عدة سنتيمترات من شفاه المتكلم معزّل إشارات أعلى من معدل الصخب في مذياع متعدد الإتجاهات يستجيب على نحو مساوٍ للمتكلم والأصوات الأخرى القادمة من الجهات الأخرى في القرّة. ويجب على آلة التسجيل (الشكل 6.3) أن تحرك بنعومة، وأن تمتلك مقدرة إلعاء فعالة وتنظيفة، وأن تسجل، وأن تمتلك رؤوس إعادة وأن تحتوي على مقياس مناسب يقيس درجة الشدة



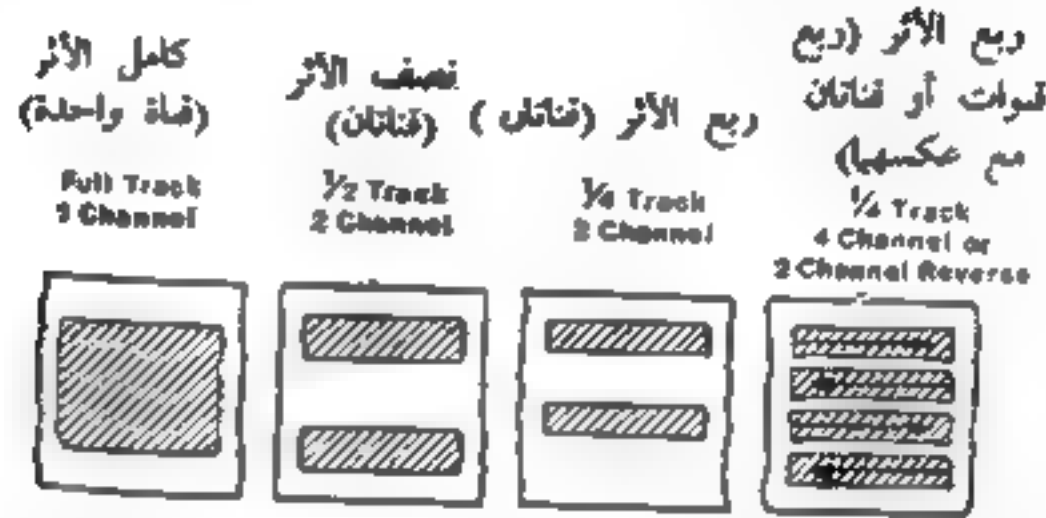
الشكل 3.3 مسجل شريط من بكوة إلى أخرى (جامعة نيمير)

ومقياس جهارة الـ (أوحدة جهارة الصوت) الموزن. في عدة آلات تسجيل ليس الأفضل في قياس تلامح الحاري، لأنه لا يستجيب كافية إلى اختلافات الشدة الواسعة في مثل : الإشارات ولذلك فإنه من الأفضل بناء مؤشر وحدة جهاز الصوت تحت المنطقة الخـر بقليل في قسم الصوت. يفوق ضخيم الكبير أو الحمل الزائد أثناء التسجيل حد قدرة آلة التسجيل، ولذلك فمن نقص القمم السعوية العالية مما يؤدي إلى تسجيل إشارة مشوه

هناك خيارات في سرعات الشريط في آلة التسجيل عادة. فعلى المثال، يمكن لآلة السحب أن تسحب شريطاً بسرعة «النش» ونصف «النش» من ربط عبر الرؤوس في ثانية واحدة أو 3.75 إنشاً فقط في كل ثانية. وكلما ازدادت السرعة نأفضل لأنه لا يلتقط سوى سحب قليل عندما يمر الشريط فوق الرؤوس بسرعة.

ويختلف عرض الشريط في غلاف مختلفة من آلات التسجيل، وغالباً ما تكون الأمثلة في أجهزة التسجيل (الكاسيت) أضيق من تلك المستخدمة في أجهزة التسجيل التي تستخدم المكبرات. وتستخدم آلة تسجيل تسجل كامل الأثر عرض الشريط بكامله

في توضيح الإشارة بينما تستخدم آلة تسجيل تسجل نصف الأثر نصف الشريط لكل قناة، أو في كل اتجاه إن كانت هناك قناة واحدة (يمكنك أن تقلب الشريط وتسجل النصف الآخر)، بينما تستخدم آلة تسجيل تسجل ربع الأثر نصف الشريط لقناة واحدة (في كلا الاتجاهين)، والنصف الآخر للقناة الأخرى (في كلا الاتجاهين أيضاً) والتأمل القليل في الشكل (6.4) سيكشف الآثار المدمرة لتسجيل ميداتي على آلة تسجيل ربع أثرية (تسجيل ربع الأثر). والمحاولة فيما بعد لإعادة تسجيل الشريط الأساسي أو تحليله بواسطة إعادة على مسجل عمري يستخدم كامل الأثر أو نصفه.



الشكل 6.4 . بعض ترتيبات شريطية شائعة . يشير كل قسم إلى ترتيب (توضيح) الإشارة على الشريط من خلال الترتيب الرأسي المشار.

ولو سجلت الاشارات بكثافة عالية، وكان الشريط مشدوداً جداً على البكرة، لا يمكن عندئذ، أن تؤثر الاشارات الموجودة في أحد مقاطع شريط في الحقل المغناطيسي في قطعة من الشريط مضغوطة باتجاهها مما يؤدي إلى انتقال التسجيل، وأثناء الاستماع إلى شريط مسجل بتسجيل منقول، يمكن للمستمع أن يسمع التسجيل الأساسي وصداه في إحدى دورات البكرة. ويتج عن استخدام خيارات وللأمام سرعة أو للحلف سرعة، بكرة ملفوفة بشدة مع فرصة أكبر للتسجيل المنقول. وللوقاية من التسجيل المنقول يمكن للمرء أن يستخدم شريطاً بسحابة عالية (1 1/2 ملم سيكون مناسباً)، ويسجل بكثافة أقل، ويودع الشريط على بكرة الشد أو المتابعة بعد الاستماع إليه مباشرة. (ومن المفيد أن تسجل ملاحظة «أعد الملف قبل الاستخدام» على الأشرطة المودعة كي تنحيز إحباط المستمعين الآخرين)

Waveform Analysis

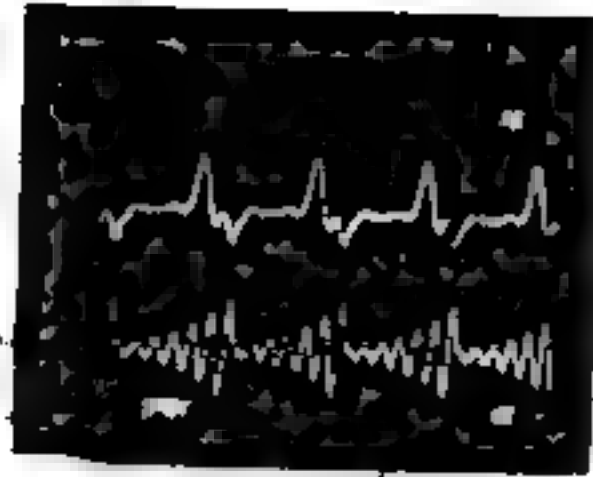
تحليل شكل الموجة

إن إحدى طرق جعل الموجات الصوتية مرئية من أجل تحليلها هي استخدام جهاز يقوم بعرض أشكال الموجات الصوتية. هذا الرسم الكهربائي ويمكن لمرسمة التذبذبات (الشكل 6.5) أن تعرض أية إشارة تتغير بمرور الزمن وعكسه إلى تغيرات مستمرة أو تعبيرات فئوية. حيث يقوم شعاع الكاثودي من أنبوب الأشعة الكاثودية بصرب الشاشة



الشكل 6.5 : رسمه فبفبات خازنة (جامعة تيمبل)

ومن أجل عرض الكلام عليك أن تجعل الشعاع يحسح الشاشة بكاملها، وتقوم الإشارة الصوتية - تكون التغذية إما من مذياع أو آلة تسجيل - بحرف الشعاع مشكلة عرضاً سعويّاً على عم الرمس. والشكل (6.6 صورة «بولارويد» لرسمه فبفبات : خازنة، وهي أتمودج خاص من مرسعات الفبفبفة تقوم بخزنه شكل موجه خازنة وعرضه



الشكل ٥٥ . نسخة واحدة من مرسمة ذبذبات خالوة (مختبرات هاسكتر)

ولو قام الباحث بتسجيل دائم من هذا النوع من مرسمة ذبذبات خالوة لأمكنه فيها بعد قياس فترة الإشارة رسمها ومرسمة الذبذبات الخالوة ليست مفيدة ومناسبة في عرض الإشارة السمعية بحسبها مناسبة في عرض الضغط الهوائي وتدفقه وهو يسجل من القوي الضعيف أو العجوز أو الشغل، أو عرض حركة عجلة لأعضاء النطق، أو إشارات التسجيل العظمى الكهربائية، أو الموجات الدماغية أو أية إشارة متغيرة على محور الزمن محولة إلى تغيرات كهربائية بواسطة مبدعاتها، أو محولات الطاقة أو الكترودات

يمكن حساب تردد أشكال الموجة الدورية بواسطة قياس الفترة T وبالزمن مقس بالثواني في كل دورة كاملة، وتقسيم ثانياً واحدة على الفترة، فلو كانت فترة إشارة، مثلاً خمسة ميلي - ثانية (0.005 من الثانية) لكان ترددها مساوياً لثاني هرتز.

وهكذا يمكن تاسيبي التردد الأسامي في أشكال الموجات المركبة الدورية النموذجية في الصوتيات من عرض مرسمة الذبذبات. لكنه لا يمكن قياس مركبات التردد الأخرى في الموجات الدورية المركبة. فمركبات التردد الجذبة في الإشارات الكلامية اللاندورية بسهولة من عرض مرسمة (الذبذبات)، لأن شكل الموجة المعروض هو نمط متداخل، والنمط المتداخل هو مجموع ترددات مختلفة تمتلك سمات مختلفة وعلائق طورية مختلفة أيضاً. وسيكون تقرير الترددات المكونة بسرعة من شكل الموجة وحده أمراً صعباً. لكنه يمكن تقرير ذلك بواسطة استخدام طرق ووسائل متوصف في

$$\text{الفترة اللاحقة. التردد} = \frac{1}{\text{الفترة}} = \frac{1}{1.000 \text{ ثانية}} = 200 \text{ هرتز الفترة} = 0.005 \text{ ثانية}$$

وهناك طريقتان أخريان تستخدمان على نطاق واسع في عرض أشكال الموجات الكلامية وكلتاها مهمتان كموسمة اللغويات. وتقوم إحدى الطريقتين بوضع الإشارات في راسم أو مخططة، وذلك جهاز يستخدم أفلاماً أو أشعة ضوئية في تحديد شكل الموجة ورسمه على ورقة تتحرك بسرعة ثابتة. ويظهر الشكل (B.7) عرض فيسكودر لأشكال موجات ولقيت بوسيلة نقل ورقية جناس للقراءة تحليل الأشعة تحت شعاع ضوئي متذبذب يستجيب إلى كثرات الإشارات الكهربائية. تستخدم أجهزة الأفلام التقليدية ورقاً أقل كلفة، لكن نتائجها ضعيفة جداً في السرعات العالية المطلوبة في تحليل الكلام بسبب قصورها الآلي



الشكل B.7 : فيسكودر (جامعة تيمبل)

يفترض النقاش السابق أننا مهتمون بأكثر الحوادث سرعة كثرات درجة النعم المنفردة. إما إذا كنا مهتمين، على سبيل المثال، بالحوادث البطيئة نسبياً، كتغيرات درجة

الشلة بين مقطع وآخر فإنه يمكننا، عندئذ، استخدام راسم مسجل مستوى الخط البياني الذي لن يستجيب للتغيرات السريعة جداً في الإشارة (الشكل 6.8). وطبيعي أن هناك وسائل وطرقاً أكثر تعقيداً في تحليل شكل الموجة تتطلب المعالجة في حاسوب.



الشكل 6.8 : راسم مستوى الخط البياني (جاسق-تومبل).

Spectral Analysis

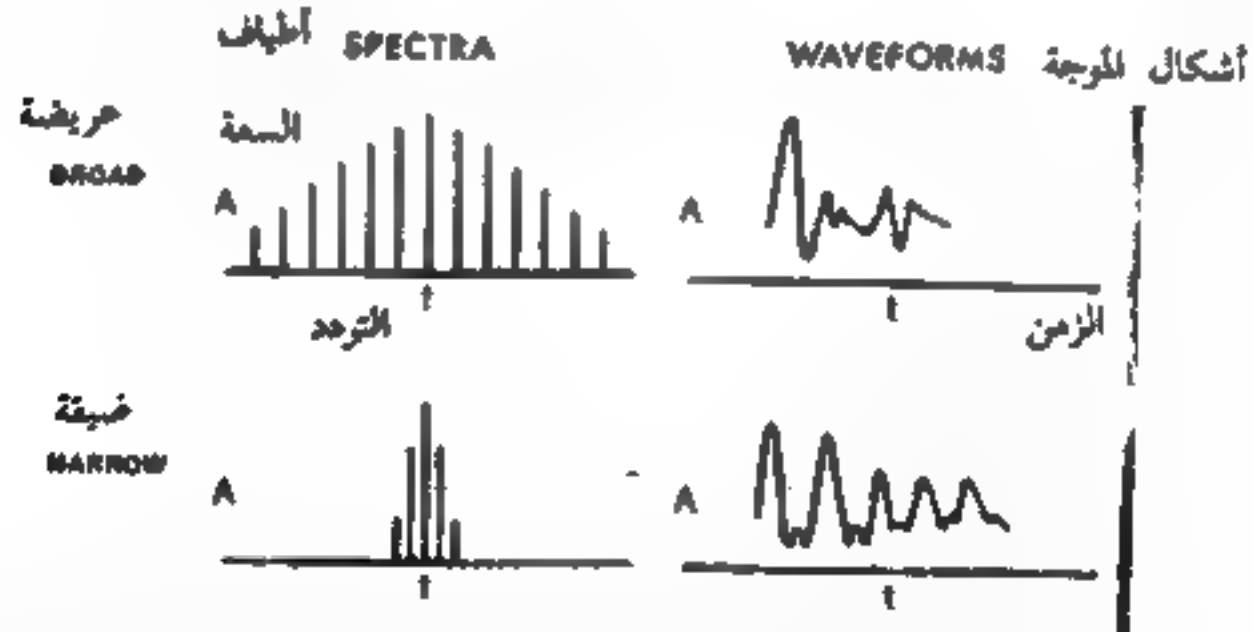
التحليل الطيفي

إن معظم الأصوات، وعلى نحو مؤكدة الأصوات الكلامية من بينها، أصوات تمتلك أكثر من تردد واحد في الإشارة. ولذا أراد الباحث معلومات عن توزيع الطاقة في الترددات المختلفة، لأمكنه، عندئذ، أن يصفى الإشارة لعزل الترددات المكونة في الإشارات المركبة وصلها بواسطة العرض الطيفي. والطيف، كما تذكر، عرض بياني لسعة كل موجة جيبية مكونة. إنه عرض بياني للتردد بالسعة، حيث تمثل السعة على الأحداثي السيني، والشلة على الأحداثي العمودي. والشكل (6.9) يحلل طيفي زمني حقيقي، وهو يعرض على CRT، الأطياف المتبدلة للإشارات المركبة

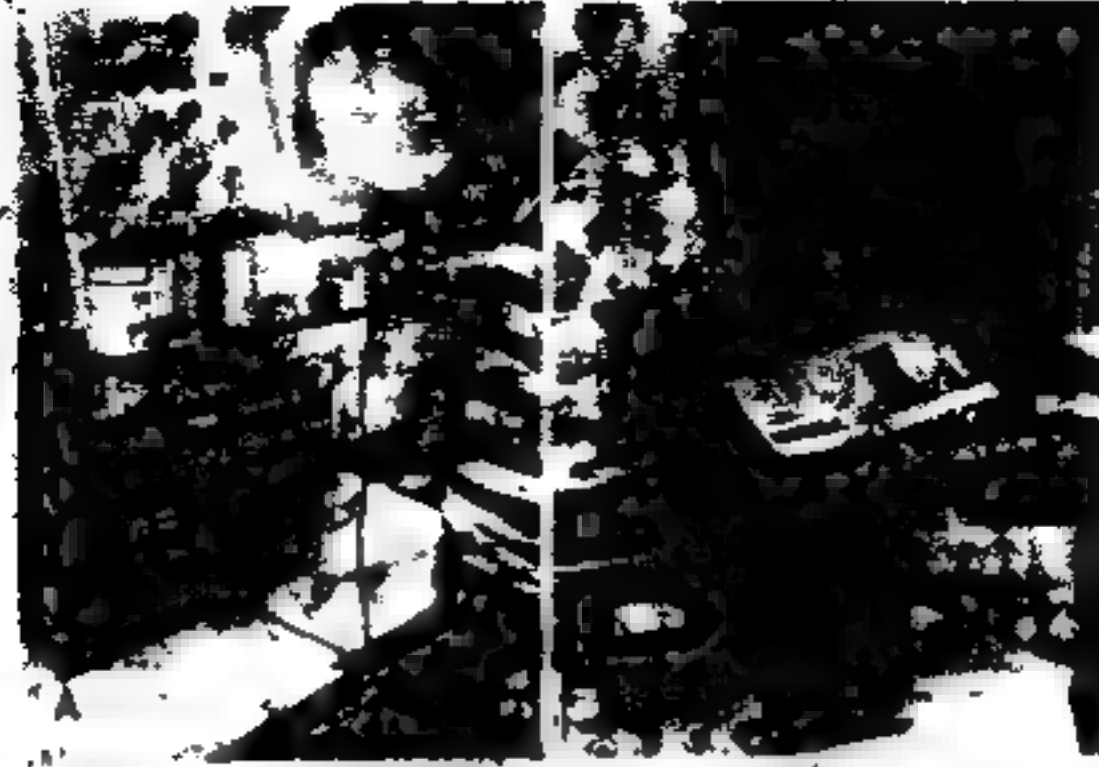


الشكل 6.9 : محلل رقمي حقيقي (جامعة تيمبل)

ويمكن للتعذية الصوتية أن تأتي من مذبذب أو آلة تسجيل عادية، ويمكن للباحث أن يولف المحلل الطيفي على أن يعرض الترددات الهامة له (للباحث) من خلال تحديد التردد المركزي والمدى أو الطبقة. وتقوم مجموعة من المصافي بإرجاع الإشارة إلى مكوناتها. ويمكن أن ينتج عن نغمة عزفت على آلة موسيقية ضيقة التوليف طيف بقدرة ذات ترددات قليلة للغاية (الشكل 6.10).



الشكل 6.10 : تُصدر مرئانات ضيقة التوليف، وعريضة التوليف، أطباقاً بأعداد مختلفة من مكونات التردد. وتظهر أشكال الموجات أن المرئانات العريضة التوليف تمهد بسرعة مقارنةً بالمرئانات الضيقة التوليف.



الشكل 8.11 : مرسمة الطيف الصوتي. يسجل الصوت أولاً في (A)، ويحفظ التسجيل بعد ذلك لإصدار الطيف في (B). (جامعة تيمبل)

بينما يقوم جهاز عرض التوليف كالصوت الإنساني بتوليد طيف بقدرة ذات ترددات مختلفة بين 1000 و 4000 هرتز. وعندما يكون الطيف المدروس ثابتاً نسبياً كما هي الحال في الصوت الموجود داخل سيارة في نفق، مثلاً، يمكن تصويره من شاشة مرسمة التذبذبات أو استخراج متوسطه على فترة زمنية بواسطة حاسوب. وتحدد مرئيات الكلام العريضة التوليف بسرعة لأنه من الصعب تتبع الكلام الدائم التغير في الوقت الحقيقي بدقة متناهية، وسيكون محلل طيفي ذو مرسمة تذبذبات خازنة مفيداً في إيقاف فعل التعامد، وهكذا يمكن تثبيت الطيف من أجل العرض وإجراء القياسات. وكان تطوير آلة صممت خاصة، في الأربعينيات، لعرض الطيف الكلامي، مرسمة الطيف الصوتي تطوراً ثورياً.

(الشكل 8:11) وبما أن الأطياف دائمة التغير في الكلام العادي، فقد صممت هذه الآلة على أن تظهر قسم القدرة أو الطاقة في الطيف بوصفها دالة على محور الزمن. وينطوي تصميم مرسمة الطيف الصوتي العادي على نظام يسجل الإشارات السمعية على حلقة

أو اسطوانة، ونظام لإعادة الإشارات المسجلة مراراً وتكراراً ونظام تصفية لمسح خُرج الإشارات المُعادة في طبقات ترددية متتالية. وتسجل طاقة كل طبقة ترددية على ورقة خاصة مطلية بمساحة إبرية تسجيل الصوت تضع علامات محروقة على الورقة تتناسب مع درجة شدة الإشارة. يصدر الصوت العالي الشدة علامات أشد ظلمة، بينما تصدر الأصوات المنخفضة الشدة كثيراً طبقة غير معلمة على الورقة. تغيّر المصفاة ترددها المركزي من الترددات المنخفضة إلى الترددات العالية بحيث تمسح العينة المسجلة على محور متكرر. ويظهر الطيف المنتهي خرج المصفاة في أدنى الترددات أسفل محور y ، بينما تظهر أعلى الترددات في القمة. يظهر الشكل (6.12) طيفاً صوتياً نموذجياً. وبما أن الرمن ممثّل على المحور السيني والتردد على المحور العمودي، فإن النظر إلى الطيف الصوتي يشبه النظر إلى Shoe box مليء بقاطعات الطيف. وإنك ترى القمم الأقرب إليك في مثل ولقد ممثّل الطيف المستقل بـ f/i في الشكل كما يظهر خارج الصندوق

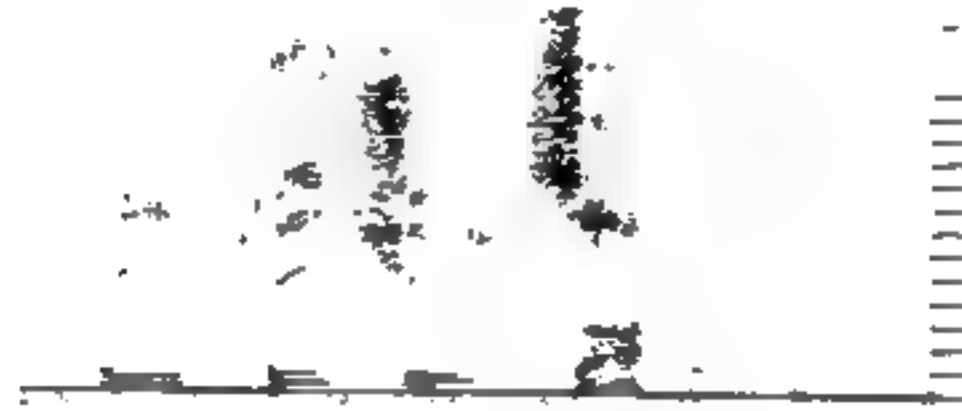


الشكل 6.12 : طيف في اليسار. ويظهر الطيف الصوتي المستقل بـ f/i في يمين الشكل. وهناك في العديد من مرسومات الطيف جهاز لفحص الأطياف المنفردة واختيارها من الطيف الواحد. تمثل هذه الأقسام أطيافاً تقليدية حيث يمثل كل قسم قطعة واحدة على محور الزمن الشكل (6.13).



الشكل 6.13 : طيف صوتي بمقاطع من نقاط مختارة. وتظهر إشارة متدرجة بتردد 500 هرتز في أقصى اليمين.

تسمح مرسمة الطيف التوافقية باستخدام مصافٍ مختلفة بأحد جهاري صسط النطاق الترددي. فلو ضبطت المصفاة على المؤشر الضيق (45 هرتز عادة) يعني هذا أن نطاقاً ترددياً عرضه 45 هرتز من الطيف فحسب هو الذي يحلل ويختبر في كل مرة. ومن ثم، تظهر التوافقيات المنفردة في الأصوات المجهورة على نحو واضح (6.14). وتقدم المصافي الضيقة استبانة ترددية أفضل من المصافي العريضة. إنها مفيدة في تتبع أثر التردد الأساسي في الصوت. فلو اخترت توافقياً ما، لكان التردد الأساسي هو التردد المقيس على محور y لمن ذلك التوافقي مقسماً على رقم التوافقي. فلو كان التوافقي العاشر عند نقطة 2000 هرتز، مثلاً، لكان التردد الأساسي عند تلك النقطة مساوياً لـ 200 هرتز وهذا الأسلوب مفيد، خاصة، في تسجيلات النساء والأطفال؛ لأن توافقيات تردد أساسي عالٍ تكون متباعدة على نحو فعال وكافٍ لأن تسمى أو تعد بسهولة.



الشكل 6.14 : طيف صوتي ذي نطاق ضيق. وتظهر إشارة معززة بتردد 500 هرتز في بين الشكل.

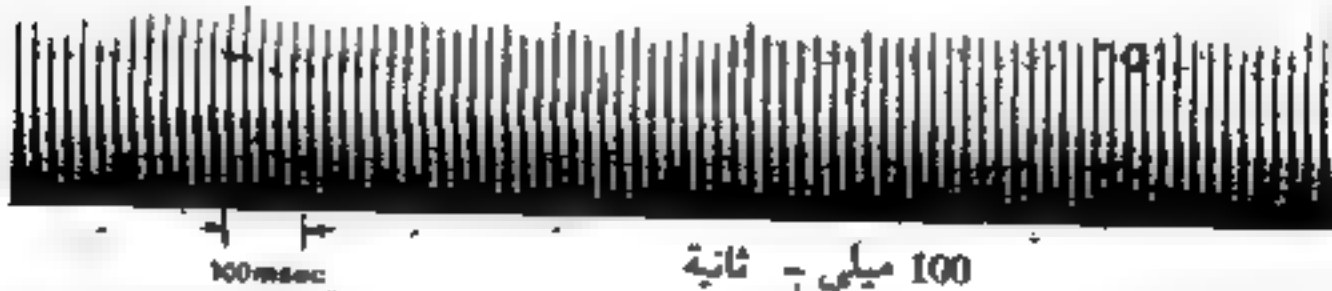
بينما تعرض المصافي العريضة (نطاق ترددي بعرض 300 هرتز في العادة) استبانة زمنية أفضل (الشكل 6.15). وبما أنها تسمح بمحور x أي فترة ضمن نطاق 300 هرتز فإن ذلك يكون ميباً لضياح التوافقيات المنفردة (إلا إذا كانت متباعدة على نحو كبير جداً كما في صوت طفل صغير)، أما رتين المجري الهوائي، والتشكيلات الموجية المميزة فتعرف وتترصع مجلاء. وإذا كان التردد الأساسي للصوت المسجل مخففاً على نحو كافٍ، فإنه يمكن رؤية البضات الزمائية (الحبال الصوتية) على شكل خطوط عمودية في الأقسام

المجهورة من الأطياف. وهكذا يمكن عدّ التردد الأساسي في صوت رجل كبير، في أغلب الأحيان، من أطياف نطاقات ترددية عريضة من خلال عدّ النبضات في $50/$ من الثانية وضربها بعشرة.



الشكل 6.15 : طيف صوتي بنطاق عريض. إشارة صغرة بتردد 500 هرتز في عين الشكل

ويمكن قياس معلومات زمنية أخرى مثل طول الصائت (التي يمكن أن تكون مهمة في دراسة تأثيرات النبذة أو التطويل الحاصل قبل الوقفة على سبيل المثال) أو VOT من الأطياف الصوتية من خلال قياس المسافة على طول المحور الأفقي الذي يمثل الزمن. ويمكن ابتكار قاعدة قياس مفيدة من خلال تسجيل نبضة متدرجة بـ 50 هرتز وجعل طيف صوتي ذي نطاق عريض منها ومكون النتيجة سلسلة من الخطوط العمودية تتباعد بفواصل مقدار كل منها 20 ميلي - ثانية ($20 = 50/1000$)؛ ويمثل كل خمسين فاصلاً ثانية واحدة (الشكل 6.16).



الشكل 6.16 : طيف صوتي لنبضة بـ 50 هرتز. استخدمت قاعدة في قياس الفترات في الأطياف الصوتية. يساوي كل جزء 20 ميلي ثانية (جامعة تيمبل)
وهناك توابيع اختيارية في بعض مرسومات الطيف الصوتي توسع من وظائفها. أحد

هذه التتابع محلل طيف لتحليل العينات المسجلة في الطيف يستخدم مرسمة تذبذبات لكشف مباشر أو معاينة مباشرة تقريباً. وجهاز آخر يقوم بعرض السعة؛ يعلم منحني الشدة الكامل بوصفه دالة زمنية في القسم الأعلى من الطيف (الشكل 8.17 ويمكن استخدام عرض السعة، مثلاً، في دراسات تحديد موقع النبرة في الرسالة المسجلة.



الشكل 8.17 : طيف صوتي، ويظهر عرض السعة فيه المناظر فوقه.

يقوم الحاسوب اليوم بالتحليل الطيفي وتحليل شكل الموجة على نحو متزايد تلبية لرغبة الباحثين في البحث عن مواد بحث كبيرة حيث يوجد الآن في الأسواق محلل طيف رقمي يمكنه حالاً تخزين طيفين للمقارنة على الشاشة. وإن التصفية السريعة، وعرض سمات المقارنة تجعل من هذا الجهاز وسيلة مفيدة، خاصة في بعض المجالات الطبيعية التي تحتاج إلى معالجة بالتغذية الراجعة. وعندما يضم إلى هذه الآلة وحدة نسخ صلبة تصبح جهاز بحث مفيد.

Physiological Phonetics

الصوتيات الفيزيولوجية

يقوم الباحثون في دراسة وظائف أعضاء الكلام الضبط الفوقاني، الحجم الصوت، وتدفق التيار الفوقاني، وجوانب أو وجوه الحركة المختلفة (المدى، القوة، التزايد، السرعة)، ويستطيعون من خلال تسجيلات الإلكترودات قياس النشاط العضلي (EMG) ونشاط الموجات الدماغية (EEG). وقد صممت بعض التجارب على نحو يسمح للباحثين بمراقبة اضطرابات إصدار الكلام أو تشوشاته في محاولة منهم لتحديد آليات الضبط الخاصة في الكلام. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يطلب من

المستمعين أن يتكلموا وهم يعضون على عضاضات معينة تمنع حركة إغلاق الفك العادية. ويمكن مقارنة الحركات النطقية بوجود العضاضات الخاصة أو بدونها لمراقبة كيفية تكيف نظام إصدار الصوت مع التغير الحاصل. وصممت تجارب أخرى لاختبار نماذج متنوعة من التنظيم الكلامي أو نماذج النطق المشترك.

ولا يتسع لدكان هنا لمناقشة كل الدراسات المستخدمة في الصوتيات المتصلة بوظائف الأعضاء وسيقتصر وصفنا على بعض الأجهزة المستخدمة في دراسة الحجم الهوائي، والضغط الهوائي، وتدفق التيار الهوائي، والحركات النطقية، والنشاط العضلي. يمكننا دراسة التغيرات الهوائية، والحركات، والعضلات وعلاقتها بالتنفس، والوظيفة البلعومية والنطق، ولذلك فإن النص القادم مقسم إلى هذه المناطق العامة، ومقسم فرعياً وفق النموذج للقياس. ومقارنة مع الأجهزة التي وصفت مقدماً، فإن معظم الأجهزة المعقدة التي تستخدم معروفة للطلاب من خلال قراءاته عنها أكثر من قيامه بتجارب عليها.

Respiratory Analysis

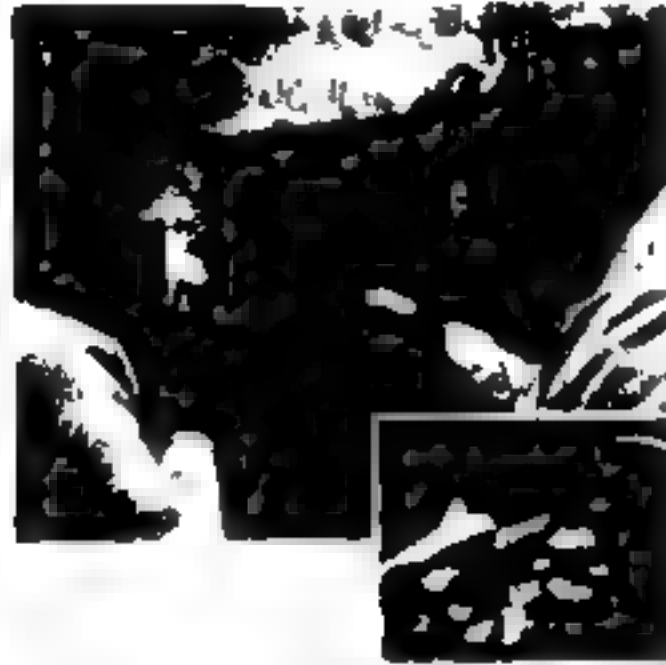
التحليل التنفسي.

هناك العديد من الأجهزة المتوفرة لدراسة التنفس أثناء الكلام، كل منها لغرضه الخاص به. ويمكن للباحث أن يسجل ضغط الهواء، وحجم الهواء، وتدفق التيار الهوائي، والحركات الصدرية والبطنية، ونشاط العضلات التنفسية. فعلى سبيل المثال: الضغط الهوائي هو قوة الهواء في منطقة قنا ($P = F/A$) ويمكن قياسه بجهاز يسمى مانوميتر (الشكل 18: 6).



الشكل 18: 6 المانوميتر (جامعة تيمبل)

يشار إلى الضغط بواحدات سنتمتريّة من الماء . ويمكن تحويل الضغط إلى إشارة كهربائية بواسطة محوّل ضغط (الشكل 6.19) وفي هذا الشكل تُساعد متكلمة تعاني من مشاكل في التوازن بين الرنين الأنفي ، والرنين الفمي ، من خلال مراقبة إشارة تُعرض على مرسمة تدبذبات تمثل الضغط الهوائي الأنفي كما تتحصه بصيلة أنفية موضوعة في أنفها تحول إلى قدرة فلتية جاهزة للعرض . وتحاول المتكلمة أن تصدر فرقاً كبيراً بين «mat» و «bat» وهكذا تستخدم الآلة جهاز تغذية لإرجاعية.



الشكل 6.19 : يظهر محوّل ضغط وبصيلة أنفية في المالحق . توضع البصيلة الأنفية في المنخر . يحوّل الضغط الهوائي القادم من البصيلة إلى إشارة تظهر في مرسمة التدبذبات . يستخدم الدكتور هور (Hower) تقنية إجماعية بصريّة لتقليل إصدار الحساسية الأنفية للقرطة عند المتكلمة (جامعة تيمبل)

يمكن تحليل الضغط الأنفي أو اختباره خارجياً من خلال استخدام قناع وجهي مجهز بمحولات داخلية ، أو داخلية من خلال زرع قنطرة في التجويفات فوق الحجرة . يمكن قياس ضغط الهواء المتحتجرجي من خلال ثقب الرغامى إلى الحيز المتحتجرجي . وقد قيس ضغط الهواء المتحتجرجي من خلال ثقب الرغامى من قياسات اتخذت من المريء (الأنبوب الذي يصل المعدة خلف الرغامى) حيث يلع من أنصع

للتجربة بالوناً صغيراً يتصل بأسطوانة مطاطية بوساطة أنبوب طويل. وضُمّ خرج الأسطوانة المطاطية وعُرض. وتكون قراءات الضغط المأخوذة مباشرة من المنطقة التحتجيرية أكثر دقة من تسجيل المريء، لكنها تتطلب على ثقب الرغامى.

والتدفق الهوائي هو قياس حجم الهواء المتحرك في وحدة زمنية، ويقاس عادة في ميليمترات في الثانية. وهناك قطاع وجهي فوقمقياس تدفق هوائي منفرد للتجاويف الأنفية وآخر للتجاويف الفمية يسمى برسملة التنفس (الشكل 6.20). ويمكن لصوت كلامي أصغر بصفت وبتدفق عالين نسبياً ≈ 1 مثلاً أن يظهر قيمة مقدارها 7 سم من H_2O في ضغط الهواء الفمي، وحوالي 500 ميل - ثانية في التدفق الهوائي.



الشكل 6.20 : برسملة تنفس (جهاز تسجيل)

ومن الممكن أيضاً قياس ديناميكية تنفس حجم الهواء الرئوي. وأكثر الأجهزة استخداماً في التسجيل من الممرات التنفسية هي مقياس التنفس، حيث يقيس الحجم الهوائي، كالبحجم المدي أو القدرة الحيوية، ويُحَدِّدُها أو يرسمها على أسطوانة دوارة (الشكل 6.21).



الشكل 6.21 : مقياس التنفس (جامعة تيمبل)

ويستخدم في قياس التغيرات الحجومية أثناء الكلام أو تغيرات الحجوم الهوائية في الجسم جهاز يسمى «مخطط الحجم»، الشكل (6.22) حيث يقوم بالتسجيل من دون استخدام القناع الوجهي الذي يمكنه أن يتدخل بالكلام، وعوضاً عن ذلك يجلس المرء في صندوق شحيد الإحكام ويلبثك تنعكس أية تغيرات في الحجم الصدري أو البطني في منخطط الحجم الذي يمكن وبعبارة بمقياس التنفس للحصول على خرج بياني



الشكل 6.22 : مقياس حجم جسي (جامعة تيمبل)

Laryngeal Function

الوظيفة الحنجيرية

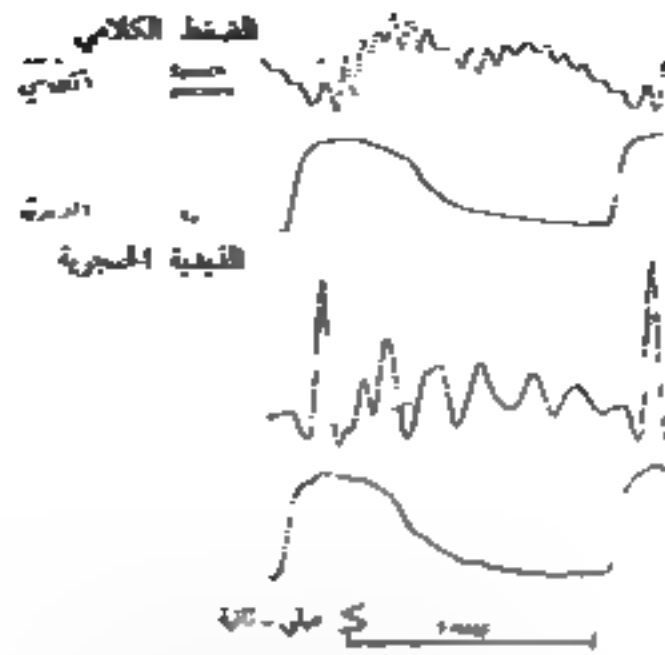
اخترع مانويل ياتريشيا رودريكو جراثيا (Manuel Pablo Rodriguez) ، معلم الغناء الإسباني الذي درس في باريس ولندن ، منظار الحنجرة سنة 1854 ، وتلك أول وسيلة أو آلة تستخدم في مراقبة حركات الحبال الصوتية . لقد صمم مرآة يمكن إرسالها إلى داخل الفم ، وتوضع بزاوية معينة يمكن عندها أن تنعكس أشعة الشمس الواقعة عليها باتجاه الحبال الصوتية مما يجعلها ظاهرة في المرآة . وبعد اختراع جراثيا بداية علم طب الحنجرة الحديث ، ولم يزل طرقه مستخدمة في الكشف والمحصن الحنجريين حتى يومنا هذا . وقد عاش جراثيا أكثر من مائة عام (1905-1906) . وفي مناسبة مرور قرن على ولادته كرم بمدينة عشاء ، وتلقى العديد من الأوسمة . ويقال إن رده المتواضع على كل تلك المناسبات كان «إنها مجرد مرآة»

يمكن تسجيل الذبذبات الحنجيرية من خلال القيام بتصوير سريع للخاية من منظار الحنجرة ، وبعد ذلك ، يمكن إعادة الصور المسجلة بسرعات مناسبة للتحليل من صورة أخرى . وبدل آخر ، هو أنه يمكن مراقبة حركة الحبال الصوتية بوساطة استخدام الحبال (وميض ضوء بتردد ثابت) . ولو تحدد تردد الوميض ، على نحو يصبح قريباً جداً من تردد الحبال الصوتية ، لظهر ، عندئذ ، كأنها قد انخفضت . وتطور حديث في المنظارات الباطنية المستخدمة في الحنجرة هو المنظار اللبني (الشكل 8.23) ، حيث تجمع شعيرات رفيعة مرنة زجاجية في حزم تقوم بنقل الضوء من مصدر ضوئي أبيض قوي حول منحنيات التجويف الأنفي والمجرى الصوتي كي تضيء الحبال الصوتية . وتقوم شعيرات أخرى داخل الحزمة بنقل الصورة ثانية إلى عينية (عدسات عينية) من أجل المراقبة . ويمكن وصل العدسات العينية بآلة تصوير متحركة من أجل تصوير سريع . وميزة المراقبة بالمنظار اللبني على المنظار الحنجري التقليدي هي أن المرء حر وطايق في الكلام ، لأن الحزم ترسل عبر التجاويف الأنفية مما يسمح للتجويف الفمي بالقيام بالحركات الضرورية أثناء الكلام . أما سبب هذه الوسيلة فهي إنه لا يمكن إضاعة الحبال الصوتية على نحو كاف كي تصبح مراقبة كل نبضة حنجيرية ممكنة . لكن هذه الوسيلة ، على أية حال ، مفيدة في المراقبة المباشرة للتغيرات الحنجيرية الأبطأ كتغيرات الجهر مثلاً .



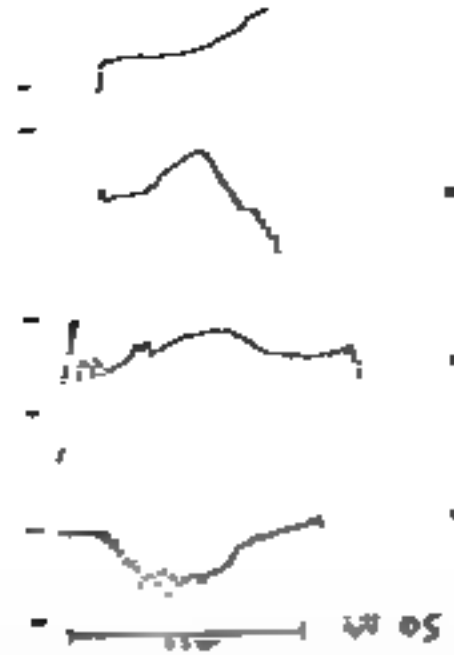
الشكل 23 : منظار لوفي . ترسل عصابة الألياف المرنّة مع العدسة العينية، في يد الفيزيائي البصري، إلى داخل التجويف الأنفي . يمكن مراقبة الحنجرة بواسطة العدسة العينية التي تظهر في يد الفيزيائي البصري (تجارب هاسكنز).

وهناك طرق ووسائل أخرى للحصول على معلومات حول منطقة الفتح الحنجري بوصفها مقياساً غير مباشر لتعديل الحبال الصوتية . يمكن استخدام خلية كهربائية - ضوئية في الرسم الزماني البياني المعروف «الصورة الزمانية» ، Glottograph في قياس كمية الضوء المنبعث عبر الزمار . يسمى هذا الأسلوب «الإضاءة العابرة» حيث يوضع مصدر ضوئي إما فوق الحبال الصوتية وإما تحتها، وتوضع آلة متحسسة للضوء على الطرف الآخر . وعلى غير هيئة مراقبة للمنظار الباطني، فإن هذه التقنية لا تعطي أية معلومات حول شكل الزمار، بل معلومات حول مدى الفتح الزماني لحجاب . وآلة أخرى تعطي معلومات حول الإغلاق الزماني لحجاب . «مرسمة الحنجرة» حيث تقيس المواصلة النسبية أو الإعاقفة النسبية بين الكترودين صغيرين يوضعان على جانبي الحنجرة . وعندما يخلق الزمار، ويُنتقل التيار بسهولة عبر الحبال الصوتية تشير «مرسمة الحنجرة» إلى القمم (الشكل 24)



الشكل 8.24 : مقارنة الموجات الضغطية عند الشفاه في دورة واحدة من الصوائت (a) و (b) / (c) في (d) مع خرج مرسمة الحنجرة في (e و d). لاحظ الإعاقة النسبية عبر الحبال الصوتية (a) التي تبدو متشابهة خلال دورة الذبذبة في (b) على الرغم من اختلاف الموجتين الضغطيتين عند الشفاه تماماً.

ولكن عندما يفتح المزمار تتضائل الإشارة بسبب الإعاقة الحاصلة بين الحبال المفتوحة، وعندئذ يجب نقل الإشارة عبر ألياف الحبل الصوتي، وبعدها عبر الفراغ المزماري إلى الحبل الصوتي المقابل، وتلك رحلة لا يمكن القيام بها على الوجه الأكمل بسبب عدم التوافق أو التجانس بين معوقات الهواء ومعوقات الألياف العضلية. وهكذا تقيس مرسمة الحنجرة فترة إغلاق الحبال الصوتية في كل دورة اهتزازية. (الشكل 8.25)، ولكنها لا تخبرنا بأي شيء عن عرض فتحة الحبال الصوتية أو شكلها. وبما أن إشارة مرسمة الحنجرة حرة من تأثير الترددات الرنينية للقسم الأعلى من للجري الصوتي، فإن هذه الآلة تستخدم في تسجيل الترددات الأساسية بواسطة إضافة آلة تقوم برسم علامة لتردد قسم مرسمة الحنجرة بوصفها دالة على محور الزمن. وهكذا نجد أن مرسومات الحنجرة هي أجهزة مفيدة في تسجيل الترددات الأساسية لغرض البحث العلمي والمعالجة الصوتية.



الشكل 6.25 : أشكال موجات لتردد أساسي كذالة على محور الزمن في عرض مشتق من مرسمة حنجرة. تظهر أشكال الموجات في (a) و (b) تنغياً صاعداً وآخر صاعداً - هابطاً من كلام عادي لإمرأة تقول: "Do you". يظهر القسم (c) نمطاً صاعداً - هابطاً لنفس الكلمة وهي تعاني من التهاب في الحنجرة، إن الطبقة المحددة وبداية الحهر غير المنتظم سماتان نموذجيتان في هذه الحالة بينما نتج القسم (d) عن رجل يعاني من التهاب حنجرة مزمن. وتتناظر العلامات العليا والسفلى إلى يسار كل صورة في (b) (d) و (c) مع 200 و 800 هرتز بالتوالي، بينما تتناظر العلامات في (d) مع 200 و 80 هرتز.

وقد أنجز تخطيط العضل الكهربائي في العضلات الحنجرية الأساسية والثانوية اليوم من خلال استخدام الكترودات سلكية ناعمة للغاية كالشعرة الإنسانية ترسل أو تثبت في العضلات لتسجيل القدرة الكهربائية الكلمة الناتجة عن الإنقباض العضلي. وعلى زرع الأسلاك الناعمة، فإن المرء لا يحس بها مطلقاً تقريباً. ويمكن الوصول إلى معظم العضلات الحنجرية بواسطة زرع عبر الجلد في الرقبة، وباستخدام إبرة لحمية ترشد عملية الزرع. ويمكن الوصول لبعض العضلات مثل العضلة الحلقائية - الطرجهارية من خلال الزرع عبر التجلويغ العمية والبلعومية. الشكل (6.26)



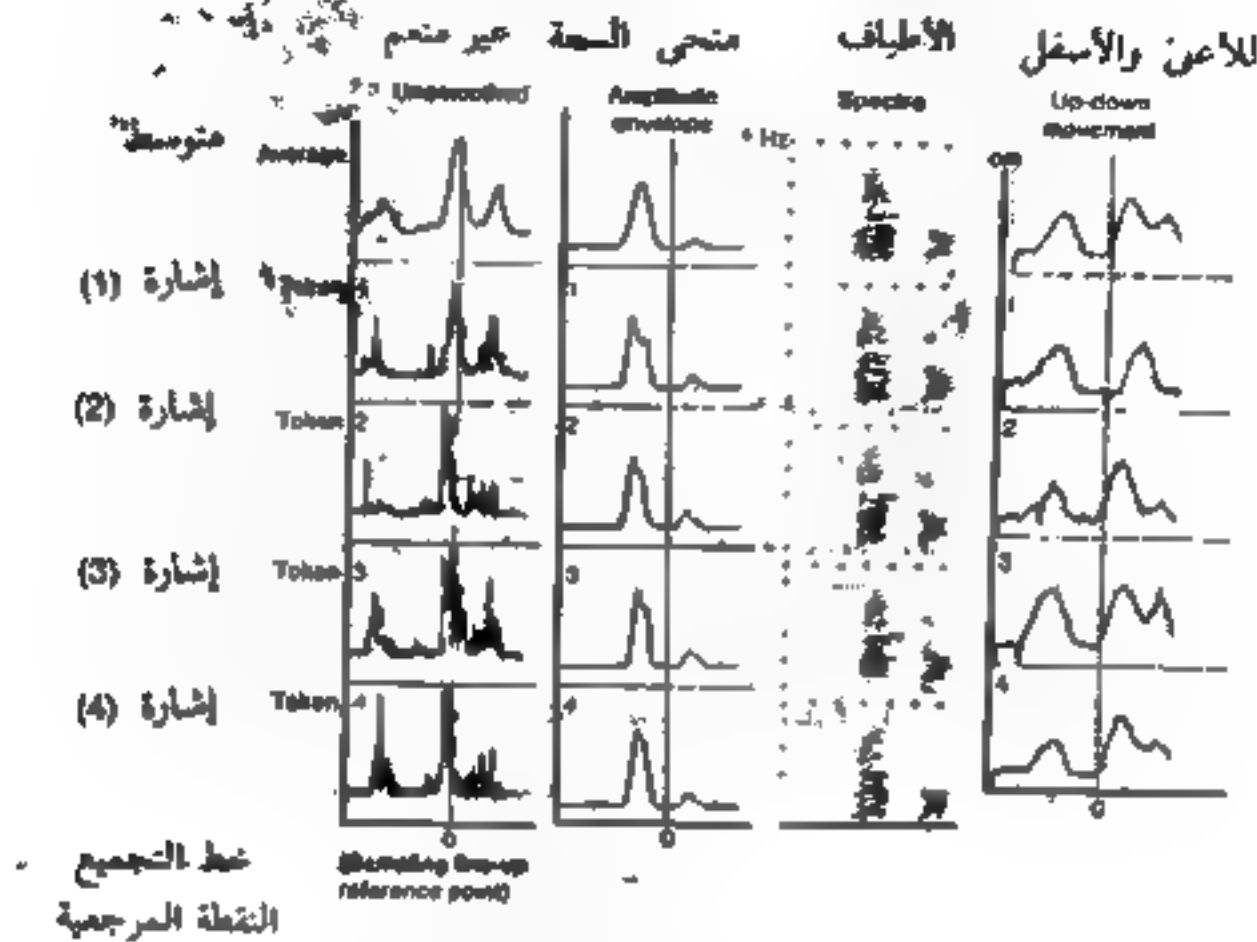
الشكل 6.26 : زرع الكترودات سلكية مقوسة في العضلة الخلقانية الطرجهرية الخلفية. تزرع الإبرة المقوسة، التي تظهر في يد الفيزيائي، عن طريق الفم. وعندما تزرع الأسلاك جيدا في العضلة تسحب الإبرة ومقبضها. (مختبرات هاسكن)

ونجري التسجيلات الثنائية - الأقطاب أي: تسجيلات فرق الجهد بين الكترودين، بشكل نموذجي لتخفيف الضوضاء المحيطة في الإشارة وتقليل الحجم الحقل، ونضخم إشارات تخطيط العضل الكهربائي وتسجل على شريط مغناطيسي مع الإشارة السمعية الشكل (6.27)



الشكل 6.27 : جهاز تجري لتسجيل تخطيط العضل الكهربائي (مختبرات هاسكن)

وتقوم عدة مخابر بتسجيل هذه الإشارة من أجل التحليل. وفي تكرار كامل الموجة، تسجل كامل الفترة في كل مرة. الإشارة كإشارة إيجالية، انظر الشكل (6.28) ومن أجل تعميم الإشارة تمركزها على صفر. هذا يعطي متوسط لفعلية جميع أطوار زمني محدد متحرك، 25 ميلي ثانية على سبيل المثال. وهناك قائمة واهتمام في الحفاظ على الإشارة الأصلية (الخام) من أجل دراسة الوحدات الحركية منفردة.

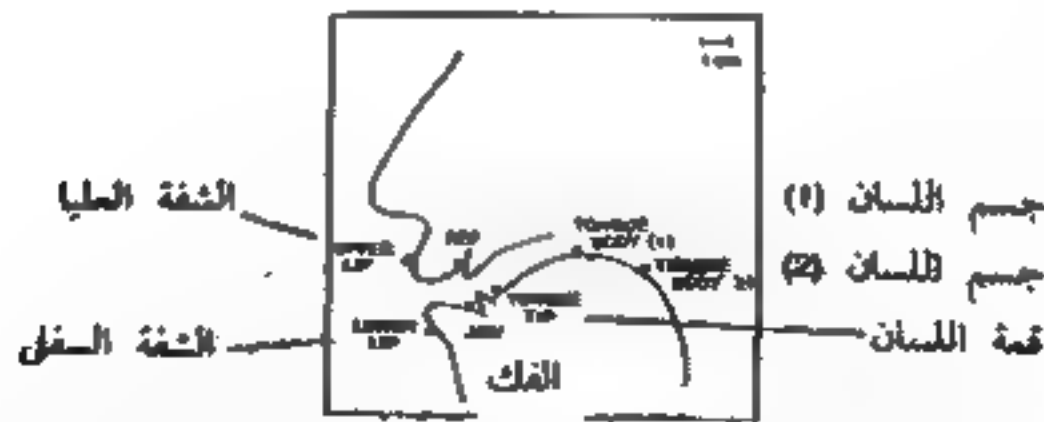


الشكل 6.28 : نتائج من تجربة على الإخلاق المخبري البعوضي. تظهر حركات الذبابة التي سجلت بواسطة ليف بصري في منظار باطني في أقصى كين العمود. وتظهر الأطراف بالإضافة إلى منحنى السمع. ويرى العمود في أقصى اليسار إشارات تخطيط العضل الكهربائي من العضلة الحنكية الراقدة بعد التكرير. تظهر أربعة عينات منفصلة لكل حالة (إشارة). تظهر الإشارة العليا متوسطاً لستة عشر إشارة.

وقد درست حركة الحنجرة في المستوى العمودي بواسطة وسائل التصوير السيمائي الفلوري، حيث التقطت الصور المتحركة من منظار فلوري، وهو شاشة تعرض صور أشعة X، وتشتق الصورة من مولد نبض أشعة X مضخمة بواسطة مقبض أو معرر صوري. وقد استخدمت وسائل التصوير الإشعاعي المقطعي مؤخراً في مسح أو كشف الجسم. حيث ترسل هذه الوسائل أشعة X من أكثر من اتجاه على مستوى محدد من المرء. وصمن هذه الشروط، يكون تعرض المرء للإشعاعات أقل، ويمكن الحصول على تعريف أدق لليف الناعم. إنها وسيلة مناسبة لأن تستخدم في دراسة الكلام. أما في الوقت الحاضر، فلا يمكن استخدامها إلا في فحص التراكيب أو المركبات التي لا تتحرك.

الحركة فوق = الحنجرة Supralaryngeal Movement

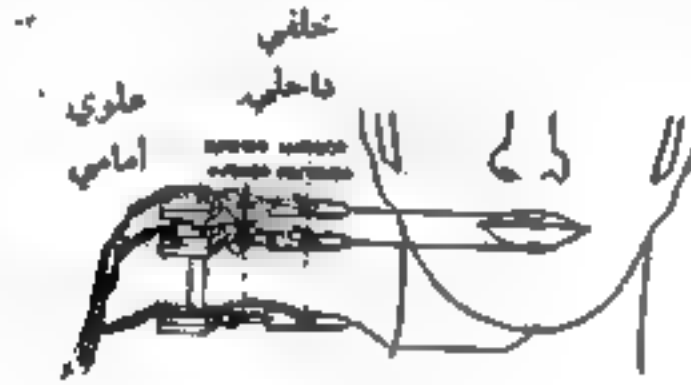
إن التصوير السيمائي الفلوري مهم بالطبع في دراسة الحركات النطقية الواقعة فوق الحنجرة. يمكن تحديد الوجه العلوي للسان على قلم أشعة X إذا استخدم وسط يبدى التباين والاختلاف مثل مجموعة باريوم - على سبيل المثال، على ظهر اللسان. فاللسان كتلة مرنة من العضلات تتحرك وتمتد في كل الاتجاهات في التجويف الفمي بطريقة مركبة معقدة تجعل من المفيد تتبع مواقع نقاط محددة على طول جسم اللسان. يمكن لصق كريات رصاصية دقيقة باللسان بواسطة لاصق سيانو أكريلات، الشكل (8.20)



الشكل 8.20 : مخطط للمجرى الصوتي العلوي مشتق من صورة قلم مسقطة. تظهر مواقع الكريات الدقيقة على أبنية (مواقع) متنوعة. يمكن تتبع هذه النقاط في تحليل يعتمد تحليل صورة قصيرة

يمكن تحديد النقاط بسهولة على صور أشعة X متحركة ويمكن تثبيتها أثناء الكلام من خلال قياس المسافات بين مواقع الكريات وتقاط مرجعية ثابتة. ويمكن تحديد حركات الكريات العمودية والأفقية في هذا الأسلوب من صور أشعة X متحركة جانبية. إن القياسات اليدوية لكل صورة، باستخدام مجل فلم، متعبة ومستهلكة للوقت يمكن لبرامج الكمبيوتر الخاصة بالحسابات والعرض أن تقلل وقت التحليل للدرجة كبيرة يمكن للباحث أو من يقوم بالتجربة أن يلمس كل نقطة يراد قياسها في صورة ما بقلم ضوئي مستخدماً الكمبيوتر في تخزين اجلانيات-X في كل نقطة، وحسب، بعد ذلك، المسافة بين النقاط.

يمكن تحويل أو نقل الحركات الكلامية أيضاً بواسطة مقاييس الانفصال - الشكل (8.30) وهي مجموعة صفائح نحيفة تحتوي تحت ضغط الحركات النطقية. ولو كان مقياس الانفصال جزءاً من دائرة، فإن أي تغير في الشكل المنشود، بسبب حركة، سيسفر عن تغير في المقاومة، يؤدي بالتالي إلى نشوء إشارة يمكن تضخيمها، وتسجيلها وتحديدتها في رسم بياني.



الشكل: 8.30 : حول مقياس انفعال للشفة والفك ذو بعدين.

ويمكن استنتاج الحركات أيضاً من تأثيرها على الضوء أو الصوت. وثمناً، فكما يعرض الضوء العابر الزمري معلومات حول فتح الحبال الصوتية، يمكن استخدام الأساليب الكهربائية - الضوئية في المناطق فوق الحجرة. يمكن تحسس كمية الضوء التي تشع عبر الميناء الأنفي - البلعومي بواسطة خلية كهربائية - ضوئية من الطرف الآخر، وهكذا يمكن تحويلها إلى إشارة كهربائية. يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية في بث ذبذبات بترددات عالية وقياس استجابتها على قطعة كريستال ملصقة باللسان أو جدران

النعوم الحائبية، وهي تتغير وفقاً لمسافتها عن مصدر البث. وهكذا يمكن استنتاج حركة المعصو (عضو النطق) أيضاً.

وأسلوب آخر في تحديد موقع اللسان هو تسجيل نقطة اتصال اللسان بالحنك، وديك أسدوب يسمى بـ «تصوير الحنك»؛ وفي أبسط أشكاله يُرش الحنك بمسحوق أسود، أسود بحيث يعلم مكان اللسان على الحنك، وتؤخذ صورة للحنك تكشف بقط لإتصال بين اللسان والحنك. يصبح عظم الإتصال واضحة بإزالة المسحوق الأسود. ويتم عدة باحثين مؤحراً بعدة نقاط غالباً ما أطلق عليها إسم «الحنك الصناعي»، تخترق على محولات أو ناقلات موجودة. يتم تسجيل نقاط الإتصال. وقد صورت هذه سجلات، حيث يمتلك بعضها 64 نقطة إتصال. يمكن عرض خرج المحول أو النقل كصورة على جهاز مراقبة، أو يمكن تسجيل عظم نقاط الإتصال على شريط شبيه من أجل معالجة المعطيات.

إن تسجيل حركة الألية أو التركيب فوق الحنجرة أمر صعب بسبب حركاتها المعقدة للغاية. لا يمكن استخدام العديد من التقنيات المتوفرة في تتبع حركة عدة نقاط متزامنة (بنفس الوقت). وأكثر من ذلك، فإن أعضاء نطق المجري الصوري العليا تختلف في إمكانية الوصول إليها. فعلى سبيل المثال، من الأسهل تتبع حركات الفك من تتبع حركة اللسان. إن تطوير تكنولوجيا أكثر ملائمة ومناسبة في تحليل حركات الفك معترف بها بشكل واسع. وقد اقترح في الأونة الأخيرة نظام شعاع لادقيق للغاية يمكن أن يفي بالغرض. على الرغم من أنه سيكون أحد المعدات أو الأجهزة الذي يحتاج استخدامه إلى عدة فرق باحث.

Muscle Activity

النشاط العضلي

إن الحركات داخل مناطق المتكلمين الفمية والبلعومية هي نتائج مجتمعة لقوى الكتلة، والنشاط العضلي، والمرونة والضغط الهوائي. يمكن تسجيل الجهد العضلي الكامن (النشاط الكهربائي الذي يرافق الإنقباض العضلي) من العضلات الممكن الوصول إليها لغرس الإلكترودات. وبشكل عام يستخدم ثلاث أنماط ثنائية الأقطاب: الإلكترودات المطلية، والإلكترودات ذات السطوح المبطنة الصنع، والإلكترودات

المعكوفة السلك التي تعمل داخل العضل. وبالإضافة إلى ذلك، يلصق الإلكترود الأرضي بشمعة الأذن بشكل نموذجي. تصنع الإلكترودات المدهونة من خلال طلاء بقعة من الجلد بطلاء فضي الأساس، ويزرع سلك دقيق عازل هناك، ينزع غطاء السلك العازل من الطرف الثاني ويوضع في كتلة الطلاء الرطبة، وبعد ذلك توضع نقطة طلاء فضية أخرى في الأعلى لتثبيت السلك. ويوضع الكترودان قريبان من بعضهما البعض في التسجيل الثاني - الأقطاب النموذجي. ويبلغ قطر الإلكترودات الصغيرة ذات السطوح المسبقة الصنع، مثل الكترودات بيكان «Beckman» حوالي ١٥ ملم، وتسجل من منطقة أكبر من تلك التي تسجل منها الإلكترودات المطلية المختلفة. وهي سهلة الاستخدام مع شريط. وهناك أطواق لاصقة تستخدم في لصق هذه الإلكترودات. وأخيراً، كما ذكر آنفاً، هناك الإلكترودات ذات السلك المعقوف المصنوعة من خليط سلك مصنوع من البلاتين، والراديوم يمكن غرسها مباشرة في العضلات بواسطة إبرة تغرس تحت الجلد لزراعة الأسلاك. وتسجيلات الإلكترودات ذات الأسلاك المعقوفة هي تسجيلات خاصة بكل عضلة على حدة، بينما يمكن للإلكترودات السطحية، التي تسجل من منطقة واسعة، أن تلتقط القدرة الكامنة من أكثر من عضلة واحدة. وغريباً إذا كانت العضلات قريبة من بعضها البعض أو كانت على أعماق مختلفة تحت سطح الجلد.

وإشارة تسجيل العضل الكهربائي هي نمط متداخل، فهي مجموع الجهر في عدة وحدات حركية. وتتألف الوحدة الحركية من ألياف عضلية يزودها بالأعصاب عصبون حركي واحد. يمكن للإلكترود واحد، أو اثنين، أن يسجل النشاط الكهربائي للوحدات الحركية القريبة منه - وهكذا ليس من الضروري أن تمثل إشارة EMG من موضع ما نشاط العضلة كاملة، ولا يمكن مقارنة السعة المطلقة لإشارة EMG من تسجيل ما بتسجيل آخر. ويمكن ربط إشارة EMG التنسية، ومعدلات الإطلاق في وحدات حركية منفردة، واختلافات في التوقيت والنمط بحدوث صوتية مختلفة وشروط مختلفة ضمن نفس التجربة. فعلى سبيل المثال، يمكن مقارنة نشاط العضلة الشفوية المستديرة في $10/$ بنشاطها في $10/$ ، أو يمكن مقارنة النشاط في $10/$ عندما تصدر ظروف أو شروط مختلفة من النبذة أو معدلات مختلفة في الكلام.

Speech Perception

إدراك الكلام.

إن مجموعة الوسائل والأجهزة الضرورية لفراسة الطرق التي يدرك فيها الناس الكلام تختلف عن تلك المستخدمة في دراسة إصدار الكلام (الشكل 8.31) فبدلاً من تحليل المادة البحثية التي يصدرها المتكلمون، يخلل الباحث استجابات المستمعين لكلام طبيعي أو تركيبى.



الشكل 8.31 مجموعة آلات (أجهزة) تستخدم في دراسات إدراك الكلام.

Tape Splicing

لصق الشريط.

إن مسجل الصوت العادي يمكنه فقط أن يقرأ إدراك الكلام. يمكن تغيير الأصوات الكلامية، وتبديل مواقعها، أو تبديلها من خلال زرع ضجيج أو صخب أو صمت. وكل هذا يمكن بفضل تقنيات لصق الشريط. يمكن إنجاز هذه النتائج نفسها ببرامج الكمبيوتر الحديثة التي ترقم الشكل الموجي، وتجهز إلكترونيات طبع أكثر مرونة ودقة بما في ذلك أشرطة مرقبة بطريقة تمكن المستمع من سماع مؤثرات مختلفة في كل أذن. وبعد ذلك يمكن تسجيل شريط مسجل من الإشارات المطبوعة كي تستخدم في اختبارات إدراك الكلام.

Listening Station

محطة الإصغاء (تصميم)

يمكن لمعدة مستمعين أن يخضعوا لإختبارات إدراك الكلام في آن واحد في محطة تنصت. تسجل المؤثرات على شريط، ويستمع إليها من خلال آلة تسجيل عادية بصحبة صوت كي تعطي سيطرة أو ضبطاً كاملاً على شدة خرج كل قناة. وهناك مفتاح بمواقع مختلفة بحيث يمكن تقديم تسجيل عبر قناتين بشكل ثنائي (قناة A للآذن الأولى وقناة B للثانية، أو يمكن تقديم تسجيل بكلتا الآذنين (يمكن لأي قناة أن تنقسم وتذهب إلى كلتا الآذنين، أو الاستماع بشكل منفرد (قناة واحدة لآذن واحدة)، ويستخدم مقياس فولط كي يحسب بدقة الفولطات الذاهبة إلى كل آذن عبر السماعات الأذنية. ويستمع المستمعون عبر سماعات رأسية في غرفة معاملة صوتياً، ويصنعون استجاباتهم بواسطة دفع عجلة الاستجابة، أو وضع إشارات على ورقات الاستجابة (الشكل 6.32) - بينما يضغط المجرب الإختبار من الغرفة المجاورة.



الشكل 6.32 : محطة تنصت. (جامعة توميل).

استخدام الحاسوب في الصوتيات التجريبية . Use of Computers in Experimental Phonetics

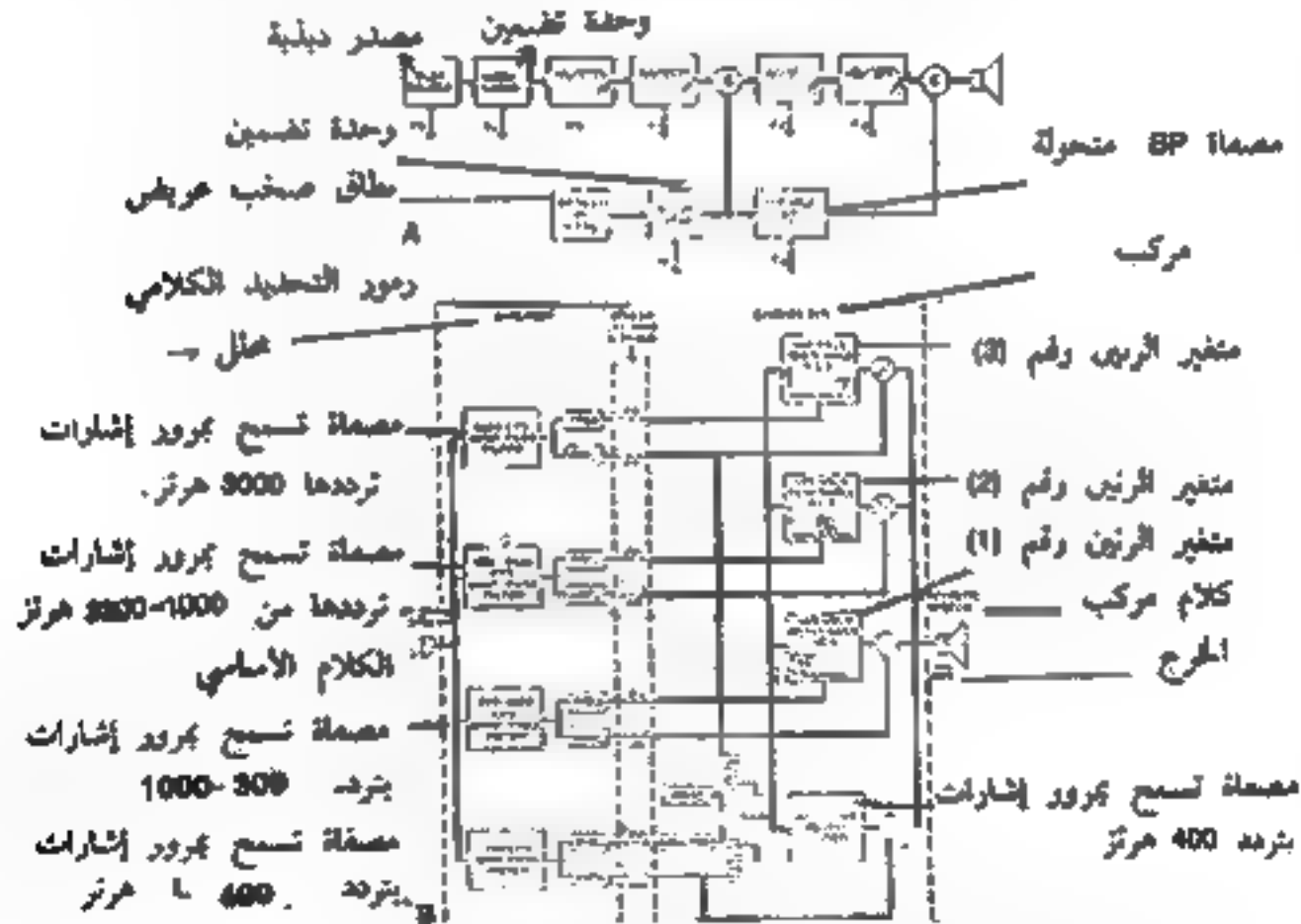
ربما كانت المهام الوحيدة التي لم يتقنها الحاسوبات بعد في بحوث علم الكلام هي التفكير بتجربة، تصميمها، وتفسيرها. وفي الواقع، ربما كانت هذه أهم الخطوات في أية تجربة. إلا أن الكمبيوترات تستخدم في تنفيذ أي شيء آخر: إنها تصنع المؤثرات، تضبط عملية تقديم المؤثرات، وتتبع أثر الإستجابات، تقلل المادة البحثية أو تختصرها، وتحلل أهميتها الإحصائية وتضع النتائج في خطط بياني.

وفي دراسة الصوتيات السمعية يمكن ترقيم أشكال الموجات الكلامية من أجل طبعها بالحاسوب يمكن للمجرب أن يخصص عناصر شكل الموجة من خلال توسيعها وعرضها على وحدة المراقبة في الحاسوب أو أن يقرص صمماً أو يطول أجزاء من شكل الموجة من خلال الوصل على شكل سلسلة، أو تبديل المواقع كما في لصق الشريط، أو تغير سعة الصوت، أو طيفه أو إبعاده الزمنية. ويمكن برمجة الحاسوب أيضاً كي يستخلص ويعرض التغيرات المنفردة. فعلى سبيل المثال: يمكن أن يستخلص أو يحسب قمة الإشارة السمعية، أو التردد الأساسي، وهكذا يمكن لعالم الصوتيات السمع أن يدرس الفترة، والتردد، والشدة، وأنماط التشكيلات الموجية المميزة، أو محولات الإشارات الكلامية بمرونة أكثر مما كان ممكناً سابقاً.

وفي دراسة الصوتيات الفيزيولوجية يمكن تحويل أية إشارة نظيرية، على سبيل المثال: الضغط الهوائي، وتغيرات الحركة المحولة، EEG, EMG إلى وحدات بواسطة محولات دخلها نظيرياً ومخرجها رقمياً، لطبعها أو إخراج متوسطها أو عرضها على الحاسوب. ويمكن برمجة الحاسوب أيضاً لتسجيل إستجابات المرء وقياس أوقات رد الفعل، أو أن يقيس سعة الإشارات، أو أن يسجل تردد تكرار الحدث. ويمكن مقدرات حاسوب البيانات المجرب الحصول على نسخ أصلية من كافة أنواع المعروضات.

وفي دراسة إدراك الكلام، فإن تركيب الحاسوب للكلام يمكن المجرب من ابتكار أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية بصفات سمعية محققة تمكنه من كشف الدلائل التي

يستخدمها المستمعون لإدراك واشتقاق قوانين لأجهزة الكلام الأتوماتيكية تمكن الأعمى من القراءة، وإجابة التلفون وإعطاء معلومات. وهناك مركبات خردوات معدنية يمكن ضبطها أو السيطرة عليها بغير حاسوب. تولّد العديد من هذه المركبات كلاماً على مبدأ التشكيل الموجي المميز. تمتلك بعضها التشكيلات الموجية المميزة مولدة في سلسلة. وتولد التشكيلات الموجية المميزة في البعض الآخر بشكل متوازن (الشكل 8.33)، ويمكن هذا معرفة متغيرات أو متحولات الكلام المركب، ويمكن ضبطها بما يسمع للباحث أن يغير أو يتكيف بالتحويل الوحيد الذي يدرسه. ومن الواضح أنه لا يمكن للمتكلمين البشر أن يصنعوا مثل هذه المؤثرات. وهناك جهود الآن في تركيب الكلام وفق قواعد منطقية لا سمعية. فقد نظم تاج أشعة X أشكال المجرى الصوتي، والحركات النطقية في قواعد لتوليد تغيرات في شكل الموجة الكلامية. إن تركيب الكلام وفق قانون نظقي سوف يساعدنا على الوصول لفهم أفضل لإصدار الكلام وإدراكه.



الشكل 8.33 : تمثل (A) مجموعة آلات-تعلقية تلعب إحصاءات الأخرى تمثل (B) مركبات التشكيلات الموجية المميزة الكلامية بشكل متوازن.

تمثل

FREQ التردد

AMP السعة

F_3 التشكيل الموجي الثالث

A_3 السعة (3)

F_2 التشكيل الموجي الثاني

A_2 السعة (2)

F_1 التشكيل الموجي الأول

A_1 السعة (1)

F_0 التردد الأساسي

A_0 السعة الأساسية

Noise ضجيج

Pulses نبض = (النبض الزمني)

مراجع الفصل السادس

REFERENCES

General Readings

Comprehensive

Flanagan, J. L. *Speech Analysis, Synthesis and Perception*. New York: Springer Verlag, 1955.

Acoustic Phonetics

Fant, G. *Sound Spectrography*. Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences, Helsinki Conference. A. Savijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press, 1961, pp. 16-22.

Koenig, W., Dunn, H. K., and Lacy, L. V. The Sound Spectrograph. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1945, 79-90. Reprinted in Liskin, J. (Ed.) *Readings in Acoustic Phonetics*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1966.

Webster, H. Instrumentation for the Study of Speech Acoustics. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*. N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press, 1974, pp. 3-49.

Physiological Phonetics

Aalto, J. H., and Webster, H. L. Instrumentation for the Study of Speech Physiology. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*. N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press, 1974, pp. 45-70.

Palmer, O. *Acoustics of Speech*. In *Speech and Cortical Functioning*. J. H. Gilbert (Ed.) New York: Academic Press, 1972, pp. 307-366.

Harris, K. S. Physiological Aspects of Articulatory Behavior. In *Current Trends in Linguistics*. Vol. 12. No. 4. T. A. Sebeok (Ed.) The Hague: Mouton, 1974, pp. 2265-2342.

Parsons, J. S. *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Gastrographic Study*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1968.

Suzukawa, M., and Cooper, F. S. (Eds.) *Dynamic Aspects of Speech Production*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1977.

Speech Perception

Cooper, F. S. *Speech Synthesis*. Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences, Helsinki Conference. A. Savijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press, 1961, pp. 3-12.

Dunn, P. L. The Use of Computers for Research in Phonetics. Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences, Helsinki Conference. Helsinki Conference.

Mohr, L. H. Computer-aided Signal Handling for Speech Research. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1977, 1056-1062.

Suzukawa, M., Akasaka, A. S., Cooper, F. S., and Liskin, J. Observing Laryngeal Adjustments during Reading Speech by Use of a Fiberoptic System. *Phonetica* 33, 1978, 108-121.

Schroeder, J. D., and Schaberg, J. D. Neurophysiologic

man. A. Savijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press, 1961, pp. 101-124.

A Sample of Papers on

Electromyography

Allan, G. D., Lubker, J. F., and Harrison, E. Jr. New Point-On Electrodes for Surface Electromyography. *J. Acoust. Soc. Am.* 52, 1972, 134 (A).

Baker, R. J., and Metz, S. J. A Portable Impedance Pneumograph. *Hum. Commun. Acoustics* 1972, 26-36.

Cooper, F. S., and Mattingly, J. G. Computer-controlled PCM System for Investigation of Dichotic Speech Perception. *Acoustic Laboratories Staff Reports* SA-17, 18, 1968, 17-21.

Fletcher, S. G., McCutcheon, M. J., and Wolf, M. Q. Dynamic Pneumology. *J. Speech Hear. Res.* 10, 1973, 817-828.

Harris, A. J. Laryngographic Examination of Vocal Fold Vibration. In *Ventilatory and Phonatory Control Systems: An International Symposium*. R. Wyke (Ed.) London: Oxford University Press, 1974, pp. 244-258.

Palmer, O., Kirtson, S., and Chabot, H. Computer Controlled Radiography for Observation of Movement of Articulatory and Other Human Organs. *Comput. Biol. Med.* 2, 1972, 271-284.

Gay, T., and Harris, K. S. Some Recent Developments in the Use of Electromyography in Speech Research. *J. Speech Hear. Res.* 14, (7) 261-266.

Harris, M., and Chabot, H. Use of Hooked Wire Electrodes for Electromyography of the Human Laryngeal Muscles. *J. Speech Hear. Res.* 11, 1968, 268-273.

Harris, M., Gay, T., and Harris, M. Electrode Insertion Techniques for Laryngeal Electromyography. *J. Acoust. Soc. Am.* 50, 1971, 1409-1420.

Huggins, A. W. P. A Facility for Studying Perception of Timing in Natural Speech. *Q. Prog. Rep. Biol. Lab. Electron. M. I. T.* 10, 1969, 61-66.

Kass, R. D. Some Considerations in the Cinephotographic Analysis of Tongue Movements during Speech. *Phonetica* 33, 1972, 281-288.

Liskin, J., Akasaka, A. S., Cooper, F. S., and Liskin, M. H. Transillumination of the Larynx in Reading Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1977, 1344-1348.

Mull, K. L. Cinefluorographic Techniques in Speech Research. *J. Speech Hear. Res.* 2, 1969, 287-291.

Morse, C. P., White, F. D., and van Leden, H. Ultra High Speed Photography in Laryngeal Physiology. *J. Speech Hear. Disord.* 27, 1962, 169-171.

Techniques and Phonetics Research. Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences, Helsinki Conference. A. Savijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press, 1961, pp. 125-126.

Wright, R. L., and Zagar, J. A. On-Line Ultrasonic Techniques for Identifying Tongue Displacements. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1973, 261-267.

الفصل السابع

نشوء اللغة والكلام Evolution of Language And Speech

«... ومن التراب خلق الله كل حيوان في البرية، وكل طائر في السماء وأحضرهم لأدم كي يرى ماذا سيمسّمهم، وأي إسم أعطاه آدم لكل مخلوق حي، كان إسمه منذ ذلك الحين»

رواية الملك جيمس، الإنجيل، سفر التكوين 2: 19

يمثل النوع البشري الحديث مجموعة من المخلوقات تسمّى العالم حولها، إذ ترفق كل شخص، وشيء، وحدث، وظروف معينة، ومفكرة، وشعور أو إحساس ببطاقات بيانية شفوية ضمن مجاريها. إنها تستخدم هذه البيانات الشفوية في تنظيم العالم لنفسها، ونقل المعلومات، ووضع الأسئلة التالية: من نحن؟ وكيف نتطور؟ ويقع ضمن هذا السؤال الضخم التساؤل الآتي: كيف نشأت اللغة والكلام، وكيف تطورا. ففي القرن السابع عشر، صاغ فيلسوفان نظريتين متصادبتين حول كيفية تطور الأفكار الإنسانية، وما زالت نظريتهما تؤثران بالمفكر المعاصر. فقد كان ديكارت (Descartes) (الشكل 8.1) الفيلسوف والرياضي الفرنسي العقلاني المذهب متمسكاً بفكرة أن العقل، ممتدداً على أفكار فطرية، أكثر أهمية للفهم البشري من التجارب مع العالم المادي. فقد كان ينظر إلى العقل والعالم الخارجي بوصفها شيئين منفصلين ولعلّ مفهوماً حديثاً بشأن اللغة البشرية يتفق تماماً مع تأكيد ديكارت للأفكار الفطرية. هو ذلك الذي يقترحه تشومسكي من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. ويتمسك المفهوم بفكرة مفادها أن الكفاءة اللغوية، رغم أن الإنسان يتعلم أية لغة محكية ضمن مجيئه البشري، تظلّ سمة فطرية عند الإنسان، وأن معرفة اللغة العلمية - التي يمتلكها لحظة الولادة مهمة جداً وأساسية في تعلمه لغات معينة.



الشكل 7.1 رينيه ديكارت فيلسوف ورياضي فرنسي (1596-1650). (منحف كنفر)

يما كان فيلسوف القرن السابع عشر الآخر لوك «John Locke» (الشكل 7.2) تجريبي المذهب، يعتقد فكرة أن البشر يولدون ويفهمون عبر تجاربهم، خاصة تلك التي يكتسبونها عبر أحاسيسهم وقد عدّ العقل البشري لوحاً إردوازيّاً فارغاً. «Tabula Rasa» تسجل عليه كافة التجارب الحسية، ويعود ذلك نفسه إلى التعلم والفهم، وقدم كونديللاك (Condillac)، الذي تلا لوك مباشرة، نظرية بشأن تطور اللغة والكلام بوصفها شيئاً متعلماً، ومكتسباً لا طبعياً عند الإنسان. ويتبنّى السلوكيون الحديثون الذين يؤكدون التعلم، كسكنر (Skinner) من هاربرد، مثلاً، وجهة نظر لوك التجريبية



الشكل 7.2 جون لوك، فيلسوف تجريبي إنجليزي (1632-1704) (منحف كنفر)

إن المشكلة في التنظير بشأن نشوء اللغة والكلام وتطويرهما هي أن الدليل قد دُمّر
إد لا تملك أية معلومات أو معرفة بشأن كيفية نشوء الكلام، وليس من المحتمل أن
نحصل حل أية منها، إنه سرُّ الأصوات المفقودة والألياف العصبية الباعمة المسحقة
والحجارة والعظام تبقى وتقدم دلائل مسخرة محروقة. وبدون أن التفكير بشأن الموضوع
عديم الفائدة إلى درجة أن الجمعية اللغوية في باريس أصدرت عام 1868 أمراً بمنع
مناقشة أصل اللغة والكلام في أبحاث الجمعية. لكنه لم يكن لذلك الأمر سوى تأثير
صئيل، في أية حال؛ واستمرت النظريات في التكاثر. وحتى الآن، حين يجمع
اللغويون، وعلماء النفس، وعلماء البيئة، وعلماء الحراثة العصبية وعلماء الكلام في
نيويورك في مؤتمر أكاديمي نيويورك العلمية حول نشوء اللغة والكلام وتطويرهما، يجد أن
النظريات المطروحة تتراوح من تلك التي تصور الكلام الإنساني بوصفه تطوراً عن
أصوات الحيوانات، إلى تلك التي تراه قد تطور عن إتصالات إيمائية عن الحيوان الرئيس
(Primate) إلى تلك التي تراه قد حدث عند الإنسان فحسب. ويقترح بعض المنظرين أن
الكلام قد تطور حديثاً منذ حوالي أربعين ألف سنة تقريباً، خلال العصر الجليدي
الرابع - بينما يقترح آخرون أنه قد تطور منذ مدة تتراوح بين 2 إلى 3 مليون سنة مضت.
لا يوجد هناك حقل معرفي واحد يمكنه أن يقوم دليلاً كافياً بنفسه، لكنه إذا ما
جمعنا الأدلة التي نقدمها الاكتشافات المستحاثية، ودراسة الاتصالات الإيمائية والنطقية
في المخلوقات الحية، والدليل الحيوي الموجود في دراسة الدماغ والمجري الصوتي، يمكننا
أن نكون أقرب إلى نظرية محتملة حول إمكانية تطور نموذج معين من التعبير البشري -
الكلام - حتى إنه يمكننا أن نقدم اقتراحاً حول نشوئه

Social Framework

Fossil Hominids

الإطار الاجتماعي

مستحاثات فصيلة الإنسانيات

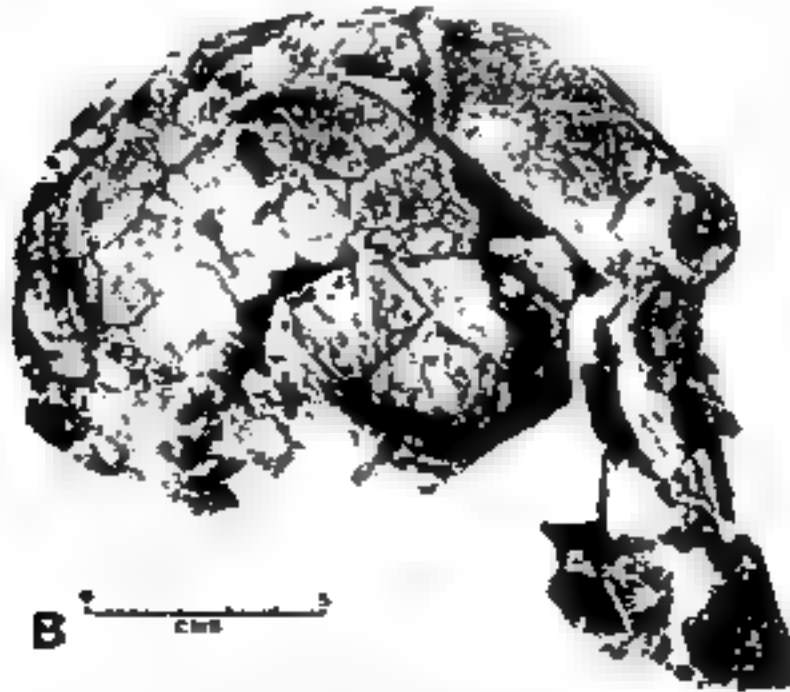
يميل أحدث علماء الإناسة إلى أنه لو غادر الإنسان الأول الغابة متحولاً في سهول
الساكنة بحثاً عن الطعام، فإنه سيحتاج إلى لغة ينظم بها علاقاته الأسرية من أجل
البقاء. لكن الخط التطوري بين الإنسان الأول والإنسان الحديث غير واضح في أحسن

الأحوال. وتقترح معظم النصوص المتعلقة بالموضوع أن القرد الجنوبي الأفريقي (Australopithecus Africanus) ، وهو مخلوق صغير قريب من القرد في شكله وعاش مد أكثر من أربعة ملايين سنة إلى حوالي مليون سنة مضت، هو أصل الإنسان المنتصب (Homo - Erectus) وهذا الأخير كائن من فصيلة الإنسانيات ذو دماغ أكبر وعاش مد حوالي مليون ونصف المليون سنة. ويشكل هو نفسه جد فصيلة الإنسان الحالي أو الإنسان الحديث. يمتلك القرد الجنوبي الإفريقي مقدرة دماغية حجمها حوالي 400 سم³ ، بينما يتمتع الإنسان المنتصب بمقدرة دماغية تتراوح من 800 إلى 1300 سم³ وبجدها، مما تتداخل مع مقدرة الإنسان الدماغية الحالية. يمثل هذا التعبير تقييداً كبيراً في حجم الدماغ، ووجهة النظر الكلاسيكية هي أنه خلال أربعة ملايين سنة الماضية التي مرت بين القرد الجنوبي الأفريقي والإنسان المعاصر، تطورت اللغة والإدراك وحجم الدماغ معاً، لكن الاكتشافات المستحثة الحديثة في كينيا وإثيوبيا قد ألقت تساؤلات حول نسب الإنسان المعاصر. هناك إمكانية لأن يكون الأصل الذي انحدر منه الإنسان الحالي كان يعيش في مرحلة القرد الجنوبي الأفريقي نفسه، مما يرجع أصل الإنسان إلى حوالي ثلاثة ملايين سنة إلى أربعة ملايين. ووجد ريتشارد ليكي (Richard Leakey) عند بحيرة توركانا (بحيرة رودولف سابقاً) مستحاثات إنسان منتصب عام 1975 تعود إلى حوالي مليون ونصف المليون سنة، ووجد في عام 1972 أجزاء جمجمة مستحاثات إنسانية تعود إلى 2-3 ملايين سنة، وقد سميت هذه الجمجمة بإسم رقمها التصنيفي وهو KN 1470-M-ER-1470 الشكل (7.3) وهي مهمة لشكلها الحجمي ومقدرتها التي تشبه تلك التي عند الإنسان المنتصب تماماً. وفيد هولوي (Holloway) من جامعة كولومبيا أن منطقة بروك في ER 1740 أكبر من تلك الموجودة في جماجم القردة الجنوبية الإفريقية؛ ولذلك يبدو محتملاً أن الإنسان الحالي قد انحدر من أصول ER 1740 الإنسانية وليس من القردة الجنوبية الإفريقية. أو إنسان الكهوف الذي وجدت بقاياه في أوروبا وتعود إلى فترة من 100,000 إلى 70,000 سنة. الشكل (7.4)

(١) فصيلة القردة الجنوبية - مقاربات الأسماك، فصيلة من فصيلة الإنسانيات؛ شكود من جنس وحيد القرد الجنوبي جنس من مقاربات الأسماك عائد إلى فصيلة القردة الجنوبية، يمثل فرعاً جانبياً من التطور الشري (معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا)



A

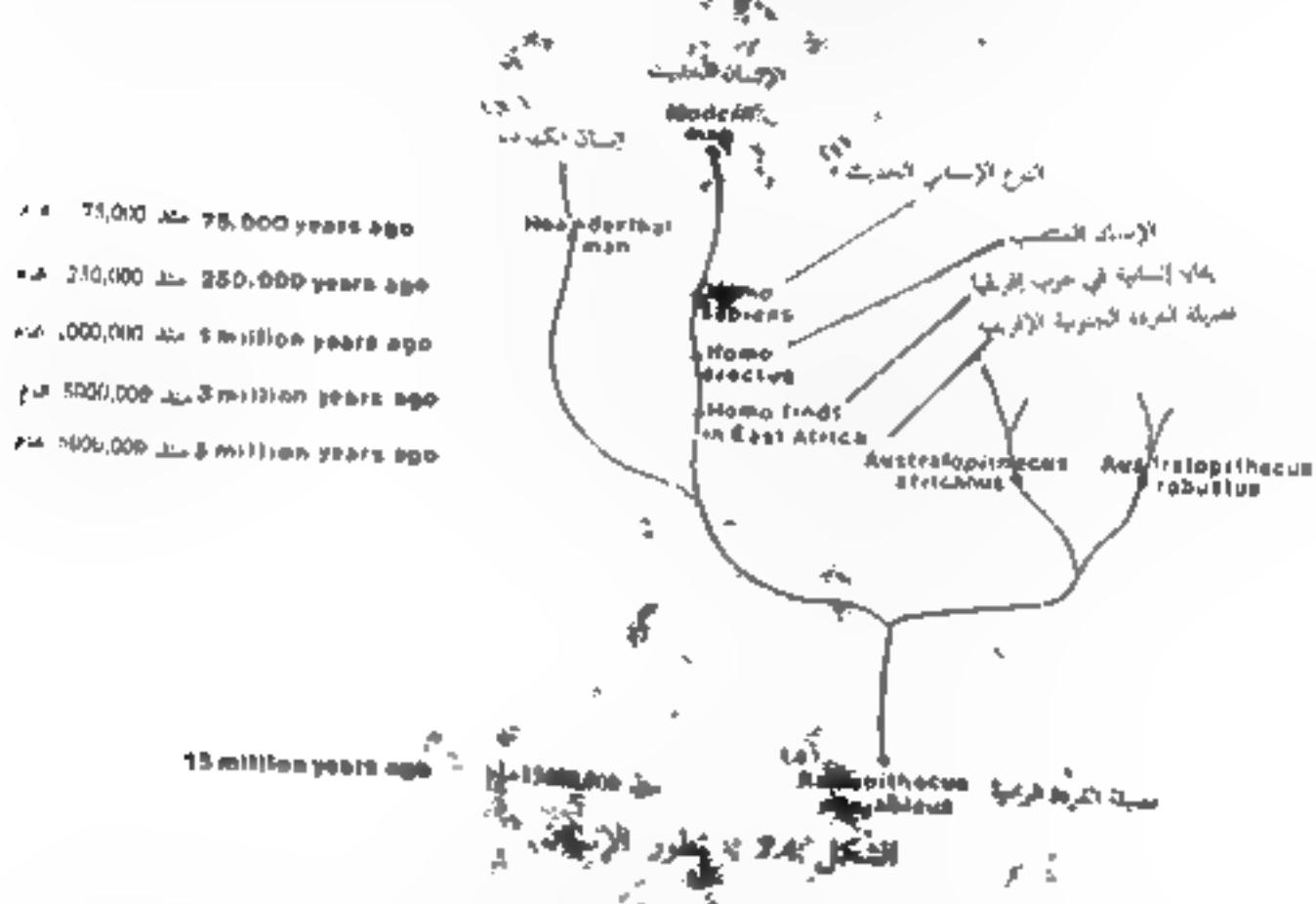


B



الشكل (7.3) : عظم (A) و (B) من جمجمة KNM - ER 1470

ثمة دليل آخر بشأن الإنسان الأول هو عثور جونسون (Johanson) (عالم بيئة من Case Western reserve) والطبيب (جيولوجي من The centue Valional de la Recherche Scientifique at Mondon Bellevue outside Paris) على بقايا عائلة من الكبار والصغار في إثيوبيا. وقد قُسمت المجموعة الهياكل هذه بوصفها هياكل أصل الإنسان، وتعود إلى ثلاثة ملايين سنة تقريباً. واقترح جونسون وليكي أن بقايا الهياكل العظمية هي بقايا جماعات تعاونية تقسم الطعام. ولذلك فإن إمكانية امتلاكها لشكل من أشكال الكلام قوية، وربما أصبحت عقيدة محتملة، وتطور من قدرة متناهية لحل المشاكل للتعامل مع هذه التعقيدات المتزايدة إلى تطور نظام اتصالات مرن ومعقد كمحلل مبكر في التاريخ يعود إلى زمن أقدم مما هو معتقد.



- (1) سمط من الأحافير الشريه من العصر البليوسيني في إنجلترا والذي يمثل حبات من استنطور البشري
- (2) فصلة من فصيلة الانسانات تصم الانسان الأول من العصرين الميوسيني والنيوسيني
- (3) انسان الكهوف : متسوب إلى وادي السيناتندونالي قرب دوسلفوف بألمانيا حيث وُجدت بقايا هكل عظمي لاسان عديم

حدد تقريبيًا للمستويات الماضية

4-5 مليون إلى 1 مليون سنة	فضيلة القرود الأفريقية الحديثة
3 ملايين سنة	بقايا إنسانية في إثيوبيا وكينيا أصول الجنس البشري الإنساني
2 مليون سنة	أول أداة إنسانية
1½ مليون سنة إلى 500,000	الإنسان المنتصب أصل الجنس الإنساني
250,000	الإنسان البشري الحديث
70,000 - 1000,000 سنة	بقايا إنسان الكهوف في أوروبا انقرض
36,000 - 70,000 سنة	دليل وجود الدين والفلسفة
30,000 سنة	دليل وجود الفن (الأصبع)
8,500 سنة	أول كتابة معروفة

الجدول 7.1 : جدول تقريبي يعتمد على اكتشافات مستحاثات النوع الإنساني الحديث

شروط متطلبات الإدراك Cognitive Prerequisites

إشتمل نشوء أي نظام لغوي واستمراره والحفاظ عليه، لا بد من أن نحتاج إليه الأجسام حاجة ماسة. فقد طوّر النحل، والدولفين، وبعض الحيوانات الأخرى المتوحشة أنظمة اتصالات متطورة. ويمكن أن تكون الإشارات أو رموز الأنظمة شمعية، موصعية، سمعية أو بصرية. فعند الثدييات المائية، تكون معظم الإشارات سمعية. أما عند القرود الصخمة فيبدو أن الإشارات مجموع من الإشارات السمعية والبصرية. ونشأ الحاجة الماسة الواضحة لنظام اتصالات عند احتياج المخلوقات للتعاون والتفاسم من أجل البقاء. وبترايد، صفة العيش الاجتماعية، بحيث يعتمد مخلوق على آخر، وتنامي درجة تعقيد الوجود الاجتماعي - يجب - عندئذ - على نظام الاتصالات أن يكون غنياً ومرناً على نحو كاف بحيث يتمكن من نقل المعلومات الضرورية. إذ يمكن، مثلاً، أن تكون اللغة ملائمة في نقل معلومات حول صناعة الأدوات المستخدمة في الصيد أو جمع الطعام. وربما كان ضرورياً نقل معلومات حول كيفية تصميم أداة تستخدم في صناعة أدوات أخرى. ويحتوي خطط تصميم أدوات تستخدم في صناعة أدوات أخرى أو اعتماد استراتيجية تستخدمها عدة مخلوقات في صيد حيوان على تأجيل في إصدار الأوامر العصبية، وتفكير في المستقبل. وتفترض اللغة عادة الوعي وتعكس أساسه الإدراكي. وبقدر ما يكون الإدراك مجرداً يكون تعقيد النظام اللغوي ضرورياً. وعندما تحرك الإنسان البدائي في قبائل يصطاد على نحو جماعي، ويشارك في الولائم ويحمي الآخرين من الأعداء أصبح تبادل المعلومات أمراً مهماً جداً. والبرهان عن متطلبات الإدراك ماثلاً هنا وهناك. حيث يعود تاريخ أول أداة معروفة إلى حوالي مليوني سنة مضت، ويعود تاريخ أدوات استخدمت بوصفها أشياء فنية إلى حوالي ثلاثين ألف سنة. ووجد هيكل عظمي قرب La chapelle - aux - Saints في جنوبي فرنسا، يعود تاريخه إلى ما بين 7,000 و 35,000 سنة، مدفوناً مع عدة أدوات، وذلك عُرف أو تقليد يحكى عنه في مراسم دفن إنسان الكهوف، ويقترح ذلك دين، وفلسفة، ومعايير محددة تفترض، في أغلب الظن، وجود لغة لنقل الأفكار.

ويرى فان لوك كودل Van lawick - Goodall ، أن الشمبانزي تستخدم أدوات في

حصولها على الطعام، وتخطب بالإيماءات، وتعابير الوجه، وأكثر من عشرين صرخة ونداء، إلا أنها لا تمتلك لغة كلغة الإنسان، على أية حال، حيث تقسم الرموز وبعد تجميعها في عدد لا يحصى من الرسائل. ويبدل نداء معين أو صرخة معينة في نظم اتصالات بسيط، كما يمكن أن تكون الحال، على شيء ما، ويشكل كل منها رسالة مستغلة. يمكن أن تشير صرخة طائر ما إلى التنبيه على وجود خطر، ويمكن أن يدل موقف أو وضع جسماني على الخضوع أو الاستسلام. وفي مثل نظم الاتصالات هذه يجب أن تكون الصرخات المميزة أو الإيماءات محدودة العدد كي لا تثقل كاهل الذاكرة. زد على ذلك أنه لو زاد عدد الصرخات هذه فقد تفقد صفاتها التمييزية وتغدو غامضة. ولهذين السببين تطورت الأنظمة الأكثر تعقيداً حيث تقسم فيها النداءات أو الإشارات، وتستخدم في تركيبات تولد معاني مضاعفة أو متزايدة دون زيادة عدد العناصر الأساسية.

ومن ذلك مثلاً أن هوكيت وأستشر (Acher & Hockett) أجريا تحليلاً لنداء التحذير، ويمكن تحويله على نحو يعني فيه أن الخطر قادم من الأعلى، ويمكن تحويله على نحو آخر بحيث يعني أن الخطر قادم من الأسفل. وكذا يمكن صيغ أقسام معينة من النداءات. ويقترحان أنه يمكن صنع نداء جديد يعني «خطر أو طعاماً» من أجزاء من نداء يعني «الطعام هنا» وأجزاء من نداء آخر يعني أن «الخطر قادم».

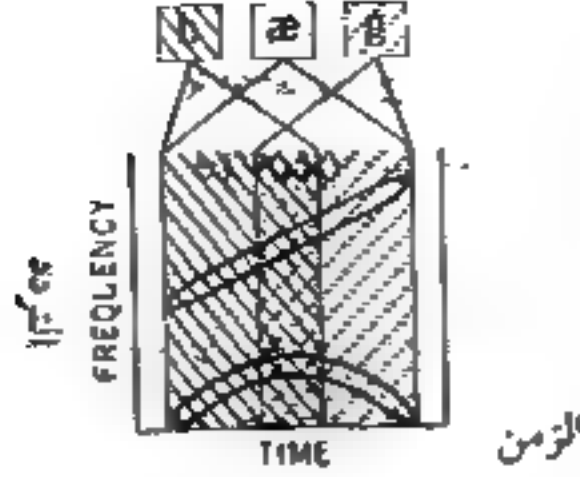
وفي حال اجتماعية يُطلب فيها قدر كبير من التفكير يساعدنا النظام اللغوي على تحديد الأفكار وتخزينها في الذاكرة. إذ كثيراً ما نحصل على فكرة جديدة ونسارع إلى كتابتها كي لا ننساها؟ إن تسمية الشيء تساعدنا في تركيز الانتباه عليه أو تذكره، وتساعد على التغلب على الخوف منه في بعض العقول. وربما احتاج الإنسان البدائي أن يقول إسم فريسته ويدونها أو يرسمها في كهفه كي يسيطر عليها. وهكذا يبدو أن اللغة لم تكن حاجة ضرورية لنقل مخاوف الإنسان البدائي وحاجاته الضرورية، بل ساعدته في تطوير إدراكه.

Why Speech

لماذا الكلام.

لو أدت حياة الإنسان البدائي الإجتماعية إلى نشوء نظام اتصالات أو نظام تخاطب معقد وتطورهما فلماذا الكلام؟ ربما كان نظام التخاطب لغة إيماءات معقدة كدغة الإشارات الأمريكية التي يستخدمها الصم، أو ربما كان نظام أصوات كذلك الذي تستخدمه الطيور. فالبشر يستخدمون الإيماءات، والتعابير الوجهية والصوت أثناء الكلام. لكن سيطرة نظام اتصالات صوتي - سمعي سمحت بالتخاطب الليلي، وبقلت التخاطب عبر مسافات بعيدة أو في مساحات تضعف الرؤية فيها، وحررت يد الإنسان في النقاط طعامه أو استخدام الأدوات. يختلف الكلام على أنظمة التخاطب الصوتية الأخرى في أنه مرمز ومؤلف من أجزاء صامتة وأخرى صائتة. وغالباً ما تصدر الأصوات متوازية على نحو تصيغ الدلائل السمعية لقسم ما الدلائل السمعية في القسم المجاور. ويساعد نظام التخاطب الرمزي الفعال هذا في نقل معلومات في مدة محدودة أكبر مما لو أرسلت متعاقبة.

ومثال ليرلمان بشأن تشابك الدلائل السمعية في كلمة «bag» جيد في هذا السياق. لاحظ في الشكل (7.5) أن دلائل /b/ السمعية تشابك مع تلك الخاصة بـ /g/ التي تشابك هي نفسها مع /g/. وهكذا، نجد أن هالك تأثيراً متداخلاً في المخرج السمعي الذي يفك المستمع رموزه. لا يسمح الكلام بنقل المعلومات السمعية أسرع كثيراً مما لو أصدرت الأصوات نفسها متعاقبة فحسب بل يعرض حشواً زائداً من المعلومات على نحو يصح الاتصال معه مؤثراً على نحو فعال. ونجد مثلاً أن دلائل جهر الفونيم /b/ على المستوى الفونيمي معطاة في النبضات الجهرية للصوت نفسه، وفي الوقت القصير بين الدفقة الهوائية وبداية جهر /p/، وفي نقصان Aspiration في الدفقة الهوائية. وتضاف أغماط التنعيم، والنبرة، والإيماءات إلى المعلومات التركيبية والدلالية والعربولوجية المنقولة، ولذلك يجب أن تشوه الرسالة بشكل كبير للغاية قبل أن يتعذر فهمها جيلاً.



الشكل 7.5 طيف بياني يوضح تأثيرات التطق المشترك في المقطع [æe]

ويقترح ماتنجلي (Mattingly) أن الكلام بمظاهره الدلالية المناسبة لتخزين طويل الأمد في الدماغ البشري ومظاهرة الصوتية المناسبة للبث على خط المجري الصوتي لم يتغير مصادفة ليكون أداة للغة الشرية. بل يُعرض بوصفه نتاجاً خاصاً بذكاء الإنسان مركباً مع استعدادات فيما قبل اللغة أو تحرر إجتماعي فطري يشبه في صفات خاصة، المؤثرات أو المنبهات الرمزية التي تفرضها المخلوقات الأخرى، كذلك القسم من أغنية عصفور الدوري الأبيض المصنف الذي يشير إلى حدود ملكيته بالنسبة إلى الطيور الأخرى.

وربما مكنت مثكة الأصوات الكلامية الفطرية هذه، الإنسان من أن يحفظ للصيد وللرحلات الجماعية وحماية الجماعات المتفاربة ملالياً. ونقول بتعبير آخر إنه يمكن أن تكون المقدرة الكلامية قد أدت إلى السلوك التعاوني. ومن وجهة نظرية بحثية يمكن للفكرة المعارضة القائلة إن الحاجة لفعل هذه الأشياء من أجل البقاء قد قادت إلى تطوير شجرة كلامية مكيفة بحيث تنقل المعلومات عن الحاجات أن تكون صحيحة. أي: أن السلوك قد أدنى إلى اللغة. ويتلو أن المسألة لا تكمن في أيها وعد أولاً: الكلام أم السلوك القبلي، بل هي مسألة الحاجات الاجتماعية، والمقدرات الإدراكية والأنظمة الدعوية التي تطورت معاً بحيث تساعد ويبني كل منها على ما أقدم الآخر.

Psychological Framework Chimpanzee language

الإطار النفسي لغة الشمبانزي

يمكن جمع بعض الأدلة على نشوء اللغة والكلام من مراقبة السلوك التخاطبي عند الثدييات للتدنية، والطيور، والرضع البشر، ومن دراسة الإدراك السمعي الإنساني وغير الإنساني. وقد افترض البشر منذ زمن بعيد أنهم الوحيدون الذين طوروا لغة تحدّد بوصفها نظام اتصالات رمزياً تحكمه قواعد وقوانين محددة ويمكن للمرء أن يولّد من خلاله ألفاظاً جديدة ومبتكرة. كان هناك شك في أن الدولمين يمكن أن ينافس الناس نحو هذه القدرة، لكنّ الدليل لما يتوافر بعد لأن الإنسان قد فشل حتى الآن في فهم النظام التخاطبي الذي يستخدمه الدولمين. وحتى العقدين الماضيين لم يشعر الإنسان بأي خطر من أقرب أقربائه من الكائنات الحية، وهي القردة الضخمة التي كان واضحاً تماماً أن مقدرتها على تعلم اللغة ضعيفة منذ البداية.

وقد جاول هيز (Hayes) تعليم فرد شمبانزي يدعى فيكي (Vicky) التكلم، وبعد أربع سنوات من الجهد المصني كان أقرب شيء إلى الكلام البشري، في سلوكه التخاطبي، أربع كلمات هي: «cup»، «up»، «pepe»، «mama». وكان لابد، خلال الستينات والسبعينات، من تركيز الإنسان على مقدرات الشمبانزي اللغوية والتكيف معها. وقد بدأ واضحاً منذ البداية، عندما قام جاردنر (Gardner) من جامعة نيفادا بتدريب أنثى شمبانزي اسمها واشو (Washoe)، أن الشمبانزي قادر على تنفيذ السلوك الرمزي الذي يعدّ لغوياً أنه ينطوي على تعلم القواعد الضرورية في تسلسل الرموز، ويقدم دليلاً على ذلك أنّه يمكنه استخدام النظام على نحو مبدع من خلال توليد ألفاظ جديدة لم يتعلمها من قبل، إذا تم التعبير عن اللغة بطريقة إيجابية بدلاً من الطريقة الصوتية. وتعلمت واشو مخاطبة الإنسان من خلال تعلم لغة الإشارة الأمريكية للصم، الشكل (7.6)، وتعلمت كلماتها الأولى وهي في عمر خمسة عشر شهراً، وتعلمت جملتها الأولى بعد عامين وهي: «come Gimme sweet»، وبعد السنة الخامسة تعلمت واشو

أكثر من 130 رمزاً، وعدّ هذا قفزة أو خطوة كبيرة تجاوزت إتجاز فيكي المحدد بأربع كلمات فقط.



الشكل 7.6 : واشو وهي تفني كلمة «drink» «اشرب» ليأترس «جاردنر».

والبحوث التي تستخدم لغة الإشارات جارية الآن في عدة أماكن وقد حققت نتائج إيجابية وعدداً أكبر من المفردات ووفرت دليلاً أقوى بشأن الفاظ مبتكرة، حيث علّم بريماك «Premack» من جامعة كاليفورنيا في Santa Barbara أنثى شيمبانزي اسمها Sarah نظاماً آخر يستخدم طريقة بصرية - يدوية. وقد استخدم نظاماً من 125 كلمة مثلت بـ 125 شكلاً بلاستيكية مختلفاً في إصدار جل مثل «Mary give apple». ويستمر هذا المنهج الآن في عدة مراكز جامعية من خلال استخدام الآلات الطابعة برموز معروضة على المفاتيح تثير أو تثبط عملية تركيب الكلام، وطريقة أخرى، هي أيضاً بصرية - إيمائية، تعتمد على آلة تعليم بضبطها كمبيوتر. وقد خلعت Lana - وهي أنثى شيمبانزي يمكنها التخاطب (في Yoner Regional)، ضغط أزرار مركزة كي تطلب عملاً ما. وهكذا تمكنت من تعلم القواعد التركيبية الأساسية من الإنجليزية وأبدت فهماً كافياً للقواعد بحيث استخدمتها في جل جديدة. الشكل (7.7).



الشكل 7.7 : لانا عند لوحة مفاتيح حاسوب يمتلك كل مفتاح رمزاً مميزاً على سطحه

والدهش في هذه التجارب أن الشيمبازي يمتلك، في أقل تقدير، بعض المؤهلات الإدراكية الضرورية ^{لغة} لغة بسيطة. من الواضح أنه يمتلك مفاهيم لبعض مئات من الأشياء ولو زود برموز إيمائية أو رموز مصرية كي يربطها بهم المقاهيم، لا يمكنه تعلم القواعد الضرورية لتوليد حل جديد ^{لها} لكن الشيمبازي لم يظهر الإبداع اللغوي الذي يظهره أطفال البشر إلا أنه يمكنه إبتكار بعض الألفاظ. وقامت لانا، التي لما تتعلم كلمة يرتفأ بعد، بل تعلمت الكلمة الدالة على اللون البرتقالي، بضعت أزرار تشير إلى الناحية ذات اللون البرتقالي. وقامت واشو، التي لما تعرف الإشارة الدالة على البط بتنفيذ الإشارة الدالة على الطيور المائية. وهكذا يبدو أن معرفة أن القردة الضيخمة الحية الآن تظهر بعض المقدرة اللغوية شيء مهم في مناقشة تطور اللغة والكلام عند الإنسان. إن البسيط العلوي، الذي أبدله الشيمبازي في استخدام يديه في الطريقة البصرية - الإيمائية كان رائعاً. وإن قصوره الواضح في الطريقة السمعية - الصوتية هو اختلاف نوعي عن مقدرة الإنسان ويجب إرجاعه إلى اختلافات في الضبط العصبي، بالإضافة إلى اختلافات تشريحية أخرى.

ويعد بعض المنظرين كفاءة الشيمبازي المعاصر الإيمائية دليلاً على أن الإنسان البدائي يمكن أن يكون قد طور اللغة والكلام من لغة إيمائية بسيطة مستخدماً سمات فوق قطعية صوتية عاطفية (التخيم والبرة) معها. وتنبأت الأصوات النطقية، في هذه النظرية، مكانة متصاعدة في الأهمية، وبالمقابل تضاعفت الإشارة تخريبياً. ويقترح منظرون آخرون أن الدليل من الشيمبازي ^{يظهر} أن الإنسان قد تطور وفق خط مختلف تماماً ومهما يكن، فإن ^{الطريقة} الطريقة ^{التي} ^{بها} ^{تطور} ^{اللغة} ^{والكلام} ^{عند} ^{الإنسان} يفترض وجود مقدرة إدراكية معينة، واللغة هي إحدى أشكال السلوك الوعوي. فليس الكلام إلا شكلاً من أشكال اللغة. ^{يظهر} للشيمبازي أن يتقن بعض أشكال اللغة الإيمائية، لكنه تنقصه الآليات السمعية - الصوتية اللازمة لإصدار الكلام

إذا كان الإنسان طور لغة صوتية لا تحتفظ بالاتصالات غير الكلامية فيها إلا مندور ثانوي، فما هي الأكلة التي تشير إلى تطورها، التي يمكن الحصول عليها من دراسة أغاني الطيور التي تستخدم نظام اتصال صوتياً أيضاً؟ يرى مارلر «Marler» من جامعة روكفلر في نيويورك تشابهاً بين كثير مما اكتشف اللغويون وعلماء النفس حول إدراك الكلام عند الإنسان والدراسات التي قام بها هو وآخرون على الإدراك السمعي وتطور أغاني الطيور.

لقد رأينا في فصل إدراك الكلام أن الناس يدركون سلسلة من أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية على نحو غير مشروط أي: لا يستطيعون تمييز الاختلافات السمعية ضمن العويم - ولكنهم يميزون اختلافات مشابهة إذا وقعت عند حدود الفونيمات. هناك بعض الشك والارتباك حول إمكانية كون هذا التمييز يقام على أساس فونيمي يمثل للوظيفة أو الدالة التمييزية في ألة السمع الإنسانية. وحقيقة أن الشنشيلة وقردة الريمس تظهر تمييزاً مشابهاً، على الرغم من فقدانها الواضح للمعلومات الفونيمية التي ستبنى عليها تصنيفها، تشير إلى إمكانية بناء الناس للفتهم، وخاصة تمييزاتهم الفونيمية، على التباين الذي يحدد النظام السمعي أكثر تمييزاً وإلى أن هذا التوليف السمعي ربما تطور نوعياً على نحو يتضمن الإنسان وبعض الثدييات الأخرى. هناك، إذاً، توليف فطري للإدراك السمعي تجاه تباينات سمعية معينة يمكنها أن تصبح مبردة لغوياً. وهناك أيضاً مقدرات إدراكية فطرية تسبق بوضوح أية مقدرات إصدار أو إنتاج مناظرة، وقد أظهرت إيماس وآخرون وجود الإدراك غير المشروط عند الرضع قبل أن يطوروا كلاماً بمدة طويلة. يمكن النظر إلى إدراك قردة الريمس والشنشيلة بوصفه دليلاً على أن الإدراك يسبق الإصدار في التطور النوعي أو العرقي. وهناك، أخيراً، دليل حول الفترة الحساسة. حيث أن الكائن البشري مولف فيزيولوجياً على تعلم لحنه

الأولى خلال سنوات العمر، وعندما يؤخر تعلم اللغة، يصبح تعلمها صعباً على نحو متزايد. وما يبدو سهل التعلم للغاية في سن الثانية يصبح شبه متعذر في سن الثامنة وفي سن البلوغ، حيث تضيق مرونة الدماغ لتعلم اللغة الأولى. وقد أوضح هوكيت أن فترة عجز الطفل الطويلة التي نشأت لو تطورت عند الإنسان تسمح بوقت أطول من المرونة في تعلم اللغات.

تعتمد المقارنة بين أغاني الطيور والكلام الإنساني على دراسات قامت على ذكر المصفور الدوري الأبيض الرأس. فكثيراً ما يسمع هذا المصفور أغنية المصفور السن من جنسه خلال الفترة الحساسة، عندما يكون عمره بين عشرة أيام وخمسين يوماً، ويستطيع سماع غنائه هو نفسه، إذ سيفني كامل الأغنية مع سمات اللهجة المحلية عندما يبلغ عمره حوالي عشرين يوم تقريباً. فلو أصيب بالصمم خلال الفترة الحساسة، أصبحت الأغنية غير طبيعية. (الشكل 7.8) ولو عزل المصفور الصغير هل نمر لا يسمع فيه غط غناء الطائر السن، بل يستطيع معه سماع غنائه الخاص، فإن الأغنية ستكون غير عادية، بل ستتضمن بعض سمات الجنس الطبيعية. ويشير هذا إلى أن أثراً أولياً عن الأغنية هو فطري، لكنه لكي يفني المصفور كامل الأغنية، عليه أن يسمع النموذج الذي يطبع نفسه في الدماغ ويغنيه فيها بعد، ويحوره ويغيره حتى يصبح صورة مطابقة للنموذج المطبوع وعلى نحو مماثل، تمثل المقدرات الإدراكية والإنتاجية الفطرية الأساس للغة الخاصة التي يتعلمها الطفل، والتي يجب أن يتعرض لها خلال الفترة الحساسة من تعلم اللغة، والتي يجب أن يسمعها نفسه وهو يستخدمها محاولاً تعلم الأغودج لكي يكتسب كلاماً عادياً.

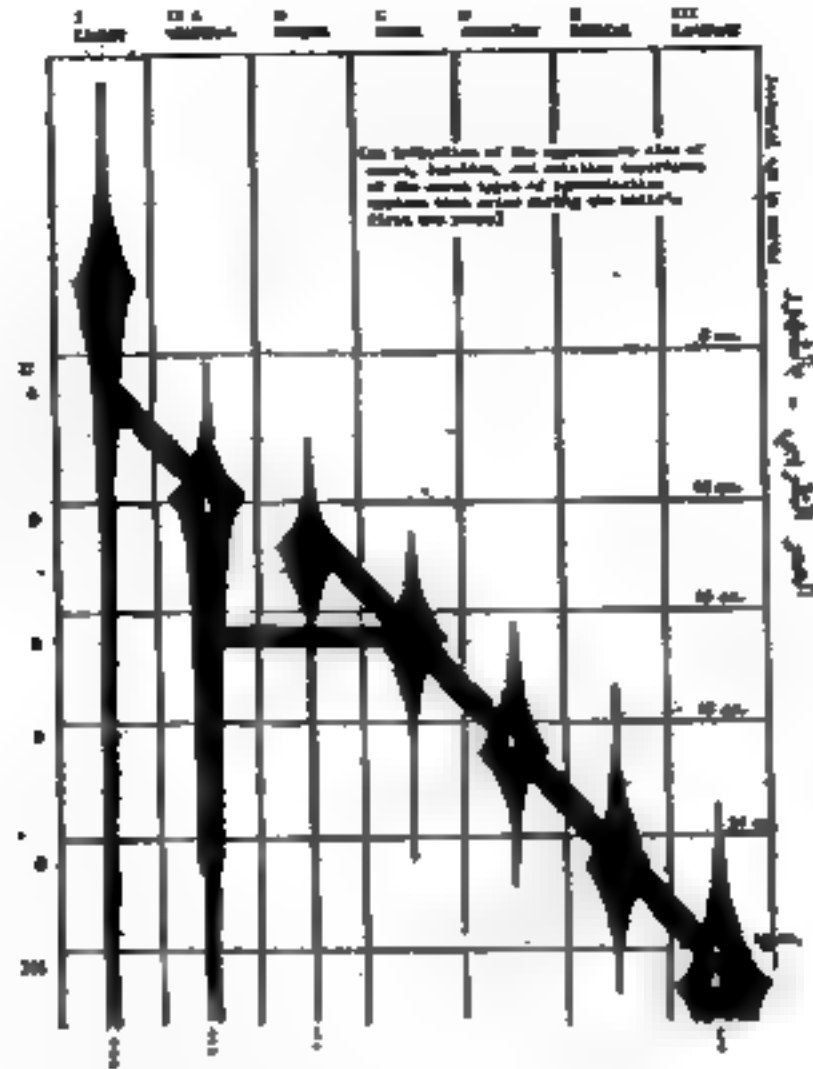
إن الدلائل التي تعرضها النظريات اللفظية حول نشوء اللغة والكلام، بغض النظر عن كيفية حدوث ذلك، تقول بإمكانية أسفلية المقدرات الإدراكية على المقدرات الإنتاجية، أي: يمكن أن يكون الإنسان البدائي قد اختار طريقة المقارنة بين الأصوات وهو يطور كلامه، هذه التي كانت متباينة جداً قليلاً من خلال نظامه السمعي. ويقترح ميرر (Myers) أن الإنسان المتعصب بوصفه جنساً، يمتلك ضبطاً دماغياً على أعضاء النطق والحركات الوجهية - الفمية يختلف تماماً عن الأجاس المشابهة الأخرى التي تستخدم أبلتها في نشاطات هادئة، ولكنها لا تمتلك سوى ضبط دماغي صغير على صرخاتها أو نداءاتها. إننا نعرف أن المقدرات الإدراكية الضرورية للكلام واسعة الانتشار بين الحيوانات، ولكنه لا يوجد أي دليل على الكيفية التي تطورت بها المقدرات الإنتاجية (إنتاج الكلام). ويبدو أن الشمبانزي قادر على استخدام اللغة على نحو إنتاجي، ولكن نعوزه مقدرات الكلام اللفظية - السمعية. تستخدم الطيور الأنموذج اللفظي - ولكن يبدو أن نداءاتها أو أغانيها محددة وتنقصها شفرة إصدار مرنة تمكنها من ابتكار رسائل جديدة وخلقها.

لغة الأطفال - Child Language

يمكن إيجاد أكثر الدلائل إقناعاً حول نشوء الكلام وتطوره من خلال دراسة تطور الكلام عند أطفال الإنسان. وتكون ألباظ الرضيع قبل اللغوية صرخات لا إرادية تعبر عن القلق عندما يكون جائعاً أو غير مرتاح. وأصوات مريجة هادئة عندما يكون مرتاحاً أو يرضع. ويمكن أن تشبه مرحلة البأبة مرحلة البداة الفطرية في أغنية المصمور الدوري التي تبدو واضحة في أعاني العصافير الصماء. ويبدو أن البأبة فطرية، فحتى الرضيع الصم يباثون، لكن الطفل العادي يظهر بداية النطق الإرادي خلال مرحلة البأبة بينما تموت البأبة تدريجياً عند الرضيع الأصم وبعد أن يكتشف الرضيع أن الصوت يعني شيئاً ما، وأنه، مثل آدم، يمكنه تسمية الأشياء، وذلك حدث يحدث عادة بحلول العام الأول، تتقدم تطور اللغة بسرعة. فبعد ستة شهور فقط، يقدم الطفل بعض الحمل،

ويستخدم الرضيع الإشارة مع الصوت. وفي مرحلة تسمية الأشياء، يمكن أن يشير الطفل إلى شيء مهم له، ويحاول من خلال استخدام الإشارة والأصوات العديدة المغزى أن يشد انتباه المرء إليه. وعندما تحوّل الإشارة، عندما تفشل الإشارة في الإشارة إلى ما يرغب التعبير عنه، عندئذٍ يحتاج الطفل إلى تسميته. وتطور التراكيب النحوية انعكاس مباشر أيضاً للحاجة الإدراكية القابعة خلفه. وتتطلب العلاق ترتيب الكلمات في عبارات فاعلة وعبارات فعلية في التعابير الكاملة. هل يمكن للتطور المردي أن يلخص التطور العرقي (تطور عرق أو جنس بكامله). يقترح لامندولا (Lamendola) أنه يمكن أن نرى تغيرات تاريخنا العرقي عندما ننظر إلى التطور المردي للكائن البشري، وتصبح كامل النظريات، التي تبدو متناقضة ومبعثرة حول نمو اللغة وتطورها، صحيحة، إذا اعتبرنا أن الإنسان البدائي قد مرّ في مراحل متلاحقة مشابهة لتلك التي يمرّ فيها رضيع واحد بنفسه. يقتضي (الشكل 7.9) أثر مراحل التطور النحاطي خلال السنتين الأولى من عمر الطفل البشري، ومثلها يتقدم الطفل من نموذج من نظم الاتصالات إلى آخر ربما مرّ أجدادنا تدريجياً بمراحل مشابهة.

المقدمة
للمعجم التأكيد التركيبي التسمية الإلهية حركات الأطراف

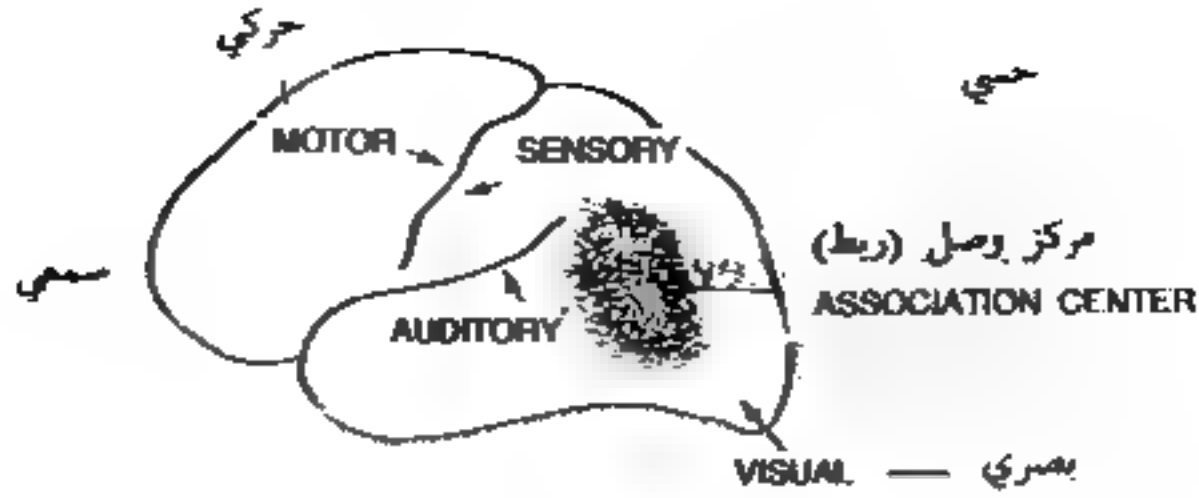


الشكل 7.9: مخطط بياني للمراحل النضجية في تطور أنظمة الاتصالات عند الطفل. يبدأ الطفل برسائل عاطفية منمكية تحكمها أنظمة الأطراف (اليد والرجل) حيث يضع تأكيداً متزايداً للرسائل الإدراكية (الفهمية) من خلال الإيماء، فالنسمية، وتركيز العبارات المضافة في جمل من كلمة واحدة، إلى تأكيد مؤلف من كلمتين، وخيوط معجمية تشكل رسالة مختصرة (برقية). وبحلول العامين تحكم أنظمة التخصص الداعية الجمل التي تلحق القوانين والقواعد المورفولوجية والنحوية (التركيبية)

Biological Framework Brain organization

الإطار الحيوي تنظيم الدماغ

إن آخر إطار يمكن الرجوع إليه في مناقشة طبيعة اللغة وتطور الكلام عند الإنسان هو من دراسات الدماغ والمجري الصوتي. ولقد ذكرنا قبل الزيادة الكبيرة في حجم الدماغ بين القرد من جنوبي أفريقيا والإنسان المنتصب، ولكن إذا فسرنا اكتشافات السبعينات في إثيوبيا وكينيا للهياكل الإنسانية، التي كانت تعاصر القرد الإفريقي الجنوبي، على أنها نقي لكون القرد الإفريقي الجنوبي جداً مباشراً للإنسان، يصبح اختلاف حجم الدماغ أقل أهمية عندئذ. وربما كانت مقارنة تشير إلى ترتيب الدماغ أكثر أهمية من حجم الدماغ نفسه. وهناك بعض الدلائل على أن القشرة اللحائية الرابطة في منطقة الفص الخلفي الدماغى والفص الصدغى، المهمة جداً بالنسبة للغة، قد ازداد حجمها بتطور فصيلة الإنسان إلى الجنس البشرى. وتنعكس شظايا أقدم الجمجم الإنسانية المكتشفة أيضاً منطقة بروكا أكبر، وهي مهمة للضبط الحركى الكلامى، من تلك الموجودة خارج الجنس البشرى. وقد قادت دراسة هولوى ضمن الجيبرات العظمية في فصيلة الإنسان إلى الاستنتاج بأن شكل الجمجمة الإنسانية قد نشأ في وقت أقدم بكثير مما هو معتقد الآن. لقد أعيد بناء الجمجم المستحاثية من الشظايا المتوفرة، ومن البحث ادعاء الدقة حول الأدمغة التي كانت تقطن هذه الجمجم. وطريقة أخرى في تناول المشكلة هي إجراء المقارنة والتباين بين الأدمغة السليمة في النوع البشرى الحديث وأقرانه غير الناطقين. وقد أظهر جسيوند «Geschwind» من مدرسة هارفرد الطبية في بوسطن أن مناطق الاستقبال الأساسية في دماغى الإنسان والقرد متشابهة، ويقع الاختلاف بينهما في تطور دماغ الإنسان لمناطق ربط أساسية وخاصة للمنطقة الواقعة بين الفص الجدارى - الصدغى التي تقع على نحو مناسب وسط مناطق الإحساس الحركى السمعى والبصرى، الشكل (7.10)



الشكل 7.10 : توضيح مناطق الاستقبال والربط في منطقة الفص الجداري - الصدغي عند الإنسان. أن المنطقة الأخيرة متطورة جداً في الجنس البشري.

يعتقد أن تطور الربط هذه يفسر سلوك التسمية عند الإنسان. فهو يرى ويحسّ بشيء ما، ويسمع اسمه، ويتعلم إصدار الاسم نفسه بعد ربط المتلازمات البصرية والسمعية والحسية - الحركية للشيء المراد تسميته. وتثير التسمية تطوراً لغوياً أبعداً. وإن أي تعطيل في منطقة الإتصال في الفص الجداري - الصدغي يتدخل في مقدرة التسمية ومقدرات لغوية أخرى.

ويجد أولئك الذين يدعمون فكرة الأصل الإيمائي للكلام سنداً في التقارب الموجود بين تمثيلات اليد والتمثيلات اللفظية في الوظائف الحركية - الحسية في الدماغ. وكما رأينا في فصل إصدار الكلام فإن الضبط الحركي لليد، وذلك الضبط الخاص في المجري الصوتي، متقاربان حل نحو حقيقتين، ويقعان معاً في فص الدماغ الأمامي، والشيء نفسه صحيح بما يخص التمثيل الحسي في الفص الجداري.

Laterallization

التخصص الدماغي

من المفيد أن نناقش الأهمية الممكنة للغة من جراء تحديد وظائف جانبي الدماغ الواضحة عن الإنسان. يستخدم الإنسان أحد نصفي الدماغ في بعض الوظائف، والنصف الآخر في وظائف أخرى. واللغة مهيمنة على نحو جلي في نصف الدماغ الأيسر على الرغم من وجود بعض الاختلافات الفردية. ولا يوجد هناك سوى دليل ياهت شأن

تخصص الوظائف الدماغية في الثدييات الأولى من فصيلة الرئيسيات*. وقد أظهرت القردة الصلابة تفضيلاً لاستخدام اليد (فقد رُوي على سبيل المثال، أن الغوريلا تفصل البدء باستخدام اليد اليمنى في ضرب الصدر). لكن معظم البحوث قد أظهرت أن توصيل اليد عشوائي التوزيع وليس مقصوراً على سيطرة اليد اليمنى، ويمكن تحويله من يد إلى يد من خلال التمرين. ولا يلتزم ضبط وظيفة اليد المسيطرة والكلام في نصف الدماغ نفسه دائماً، على أية حال، لأن معظم الناس الذين يستخدمون يسراهم (سيطرة نصف الدماغ الأيمن) يستخدمون نصف الدماغ الأيسر في ضبط الكلام والعمليات اللغوية. وقد لوحظ عدم تناسق يُعتقد أنه يتصل بجانب اللغة في الدماغ البشري. فشق سيلفان في نصف الدماغ الأيسر أطول باتجاه الخلف وأدنى مما هو في نصف الدماغ الأيمن، ومع ذلك، لوحظ هذا الخلاف نفسه في دماغ إنسان الغاب*. وهكذا يبدو أن التخصص في نصف الدماغ يمكن أن يكون شرطاً قليلاً لتطور اللغة عرقياً وفردياً. وقد أظهر كيمورا أن الأطفال في سن الثالثة والرابعة يشيرون إلى إدراك كلامي متخصص (في أحد نصفي الدماغ) عندما يخضعون للاختبارات الشائبة. يمكن أن يتأسس أو يتوطد نصف الدماغ المتحكم بالكلام في وقت مبكر (أي: دون الثالثة)، لكنه من الصعب اختبار أطفال دون هذا العمر. يبدو أن تخصص العمليات الكلامية هو تكيف قام به أجداد الإنسان كي يستوعبوا الرمز الكلامي (الشيفرة) المتزايد التعقيد مع القدرات الأخرى الخاصة بحل مشاكله.

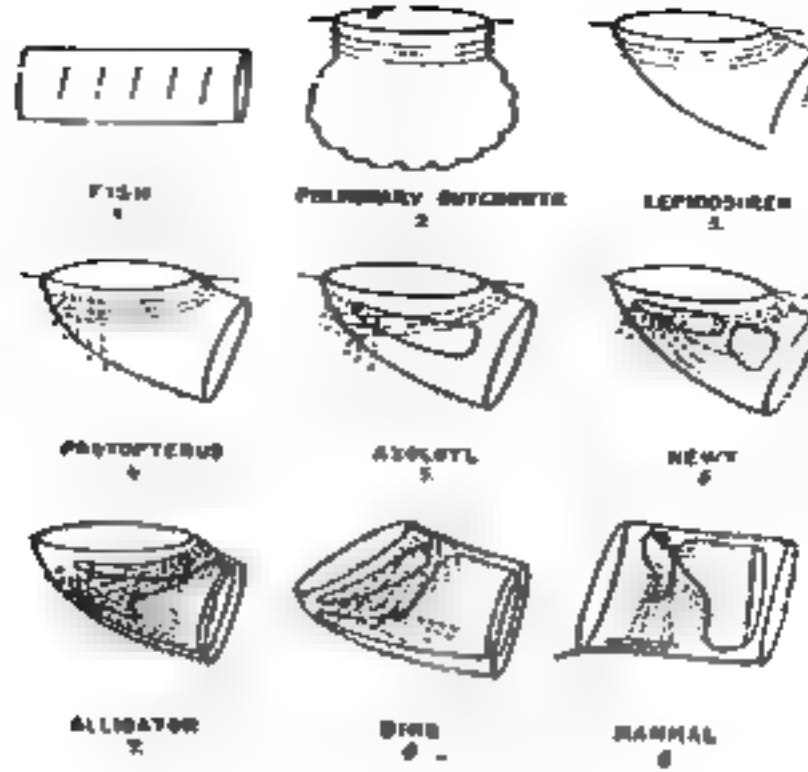
تغيرات المجرى الصوتي Vocal Tract Changes

لقد تطور المجرى الصوتي أيضاً أثناء تطور الإنسان، وتطورت الحنجرة من عضو متكيف للتنفس خاصة إلى عضو تكيف أخيراً على نحو فريد، بعد بعض تغيرات أخرى كالشكل القائم، لإصدار الأصوات في الكلام البشري. وتطورت المنطقة فوق - الحنجرة أيضاً لعدة أسباب: منها تحسن حاسة الرؤية على حاسة الشم من

- * الرئيسيات رتبة الثدييات التي ينحدر إليها الاسود قنغر من زاوية الانتهاء التطوري بالاحتفاظ بالتكوين الشبكي للأطراف والأسنان وازدياد حركة الأصابع، وطول الأظفار محل المصالب، وتطور الرؤية المجسمة ونهاية القشرة الدماغية.
- * إنسان الغاب. ضرب من القردة العليا الشبيهة بالإنسان يقطن في بورنيو وسومطرة.

حيث هي وسيلة لالتقاط المعلومات عن الحيوانات الأخرى، والحاجة إلى إصدار تنوع واسع من الأصوات المميزة. والتكيف الأخير في المجري الصوتي يتفرد به الجنس البشري بحسب.

وكان نيوجس (Negus)، وهو عالم وظائف أعضاء بريطاني، أول من درس تطور الحنجرة والمجري الصوتي بانتظام، وأوضح كيف تحولت العضلة العاصرة البسيطة عند السمكة الرئوية، تدريجياً أثناء التطور، والتي كانت فعالة على نحو كافٍ في التنفس (فقد عملت بوصفها صماماً لفتح الممر إلى الرئة وإغلاقه) إلى الترتيب المعقد الذي نجده في الحنجرة الإنسانية التي تتميز بضيق فتح الحبال الصوتية، وإغلاقها، وشدها، وإعطائها شكلاً معيناً، وهكذا تحدث أو توجد اختلافات في صفة الصوت والتردد الأساسي (الشكل 7.11) وتكيف المجري الواقع فوق الحنجرة، الذي فصل في أجناس الثدييات الأولى بفعالية المجري الهضمي عن المجري التنفسي، إلى وضعيته المنتصبة الآن عند الإنسان أولاً. واحتلّ البصر مكانة حاسة الشم بوصفها حاسة أساسية مما حرر اللهاة في الإنخفاض والانفصال عن الحنك الرخو. فلم تزل حاسة الشم هي الأساسية عند كلاب حراسة الأغنام. ونجد اللهاة مرتفعة وتلتصق بالحنك الرخو لإصدار قناة تنفسية منفصلة عن الأنف إلى الرئة. يمكن للكلاب أن تشم الخطر وهي تأكل لأن التجويف الفمي منفصل والطعام يحيط عبر قناة عن جانبي الحنجرة إلى المريء فالمعدة. وهكذا، لا يوجد هناك خلط بين كلتا القناتين، ولا يوجد هناك خطر من دخول الطعام إلى الرئتين. ويوجد هذا العزل بين المجري التنفسي والهضمي عند أطفال البشر عندما يرضعون. حيث يرتفع لسان الرضيع ويضغط اللسان على حلقة الشدي وتتصل الحنجرة مع الممر الأنفي، وهكذا يمكن للرضيع أن يستمر في تنفسه وهو يرضع (الشكل 7.12) وسرعان ما ينتهي هذا بنمو الطفل، ويملك الأطفال والكبار حناجر وألسنة مهيطة في البلعوم مسببة شكلاً في المجري الصوتي على هيئة L (الشكل 7.13). وهذا الترتيب ذو فعالية كبيرة في إحداث التنوع الكبير في الأصوات المتميزة المستخدمة في الكلام الشري، ولكنه أقل فعالية في التنفس والهضم لأنها يتقاسمان عمراً مشتركاً وهو البلعوم ولا يوجد خطر الإختناق أثناء تناول الطعام في القنبة الهوائية فحسب، بل يمكن للإنسان أن يبلع ويتنفس في نفس الوقت كما تفعل المخلوقات الأخرى.



الشكل 7.11 : تطور الحنجرة.

بدأت بظهور شقوق الحياشيم الطولانية في المرحلة الأولى، وظهور العضلة العاصرة في المرحلتين الثانية والثالثة، واجتمعت مع العضلة الموسعة في المرحلة الرابعة، ويظهر المفصلي في المراحل 5-8. تتميز الحنجرة الثديية بانفصال في المفصلي وتقسيم العضلة العاصرة إلى مكونات. 1 - السمك - 2 - غلبة وثوية. 3 - عضلة جليات الحراشف. 4. الجناحيات الأولية 5. دمية المام (أكسولونل). 6 سمك المام. 7. المقاطور. 8. الظهور. 9. الثدييات.



الشكل 7.12 للنجاري التهنية
والعضمية عند طفل يوضع



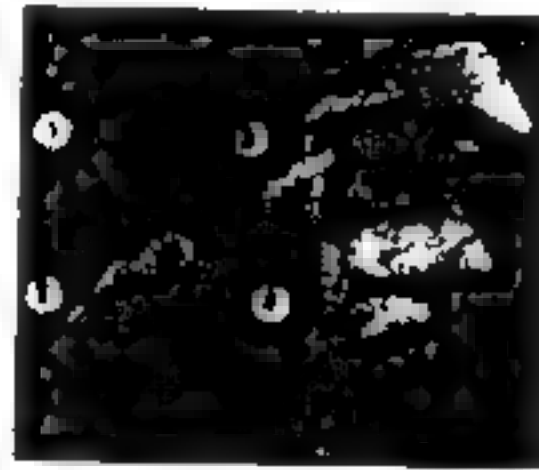
الشكل 7.13 المجاري التنفسية والهضمية عند الإنسان

وهكذا يبدو أن الكلام ليس وظيفة توضع فوق الأنظمة التشريحية المستخدمة في التنفس والهضم فحسب، بل يبدو أن التغيرات التشريحية قد حدثت كي تهيم الجسم بهيئة خاصة للكلام حتى لو كان ذلك على حساب أنظمة بقاء الإنسان.

ولقد زودتنا جهود ليرمان وكترلين المتكاثفة بمعلومات عن طبيعة هذه التغيرات التطورية. فقد صمغ كترلين (Crotin)، وهو فيزيولوجي في جامعة ييل متخصص بتشريح حديثي الولادة وعلم وظائف الأعضاء، سباتك سيليكون مطاطية للمجاري الصوتية عند حديثي الولادة والشبانزوي، والإنسان البالغ وأعاد بناء هياكل المجاري الصوتية من عيّنات مستحاثات لحماجم إنسان الكهوف وترتب أشكال المجاري الصوتية بملاحظة زوايا التوجيهات العضلية في الجمجم وقورنت بالمجاري المعروفة كتلك الموجودة في القرود الحية والإنسان. وقدّر ليرمان وهو لغوي متخصص في سمعيّات الكلام، مساحات المحرّني الصوتي الممكنة، وأعطى هذه المعلومات لحاسوب مبرمج لحساب ترددات التشكيلات الموجية الأساسية (أو الرنين) لكل الأصوات الكلامية الممكنة. وقورنت التشكيلات الموجية الأساسية الممكنة تلك المعروفة الصادرة عند الإنسان في تقدير مدى قرب ذلك الأنموذج من المجاري الصوتية من الأصوات الكلامية كما نعرفها اليوم.

ونمَّصت محاكاة الحاسوب الحديثي الولادة البشر، والشمباتزي المعاصر عن أنماط رئيسية ماثلت تماماً الأصوات الحقيقية التي تفرضها مثل هذه المجاري، على الرغم من أنها أشارت إلى إمكانية وجود كبح عند الشمباتزي، حيث يمكنه إصدار تنوع أكبر من الأصوات التي يصدرها حقاً. تصدر القرود الضخمة وأطفال الإنسان أصواتاً بطقبة أكثر حيادية مثل /a/ أو /u/، وتكون أنفية في أغلب الأحيان، وهي غير قادرة على فعل تعديلات المجري الصوتي الضرورية في الأصوات الأكثر تطرفاً مثل /a/، /u/ أو /u/ وحددت محاكاة رنين المجري الصوتية التي ربما كانت ممكنة عند إنسان الكهوف الكلاسيكي وأعضاء فصيلة الإنسان الأخرى بالطريقة نفسها

يصور الشكل (7.14) سبائك طفل حديث الولادة، وشمباتزي بالغ، وإحدة تركيب مستعانة إنسان الكهوف (La Chapelle - aux - Saint)، وإنسان معاصر بالغ.



الشكل 7.14 سبائك سبائك مطاطية للتجارب الاتفية، والبلعومية والمجعية في (1) رضيع إنسان معاصر، (2) شمباتزي بالغ (3) إنسان الكهوف، وإنسان بالغ معاصر

ويظهر الشكل (7.15) مساحات المجري الصوتي للنماذج نفسها، بمعالم مشار إليها، تساوت في حجمها عندما رسمت. لاحظ القرب الكبير للهاء من الحنك الرخو في أمثلة الطفل الرضيع، والشمباتزي، وإنسان الكهوف. ولاحظ أيضاً أن ثقب اللسان الأعور (نقطة بداية الحليمات الصغيرة) قد نزل أو هبط في البلعوم عند الإنسان البالغ محدثاً لساناً مقوساً قادراً على حركة ثلاثية الأبعاد، يقطن جزء منه التجويف الفمي، ويفطر

جزءه الآخر التجويف البلعومي، بالمقارنة مع اللسان المنبسط أو الكتلة العضلية الأكبر نسبياً التي تحتل التجويف القمي في النماذج الأخرى. ولاحظ أخيراً البلعوم الطويل عند الإنسان البالغ الذي يشكل مع التجويف القمي الرنان المؤلف من قسمين متميزين وهو ما يتميز به الإنسان البالغ فحسب.



الشكل 7.15 : مخططات للممرات الهوائية عند طفل بشري رضيع، شامبانزي بالغ، إنسان الكهوف وإنسان بالغ معاصر. إن العالم التشرجية الموجودة على مخططي الشامبانزي البالغ والإنسان البالغ للمعاصر هي:

P = (البلعوم)، NG = (عظم الفك)، V = (عظم الفك)، OC = (التجويف القمي)، HP = (الحنك القاسي)، T = (اللسان)، FC = (الحنك الأمامي)، SP = (الحنك الخلفي)، E = (المهارة)، O = (فتحة الحنجرة إلى البلعوم) و W = (مستوى الحبال الصوتية).

تشير نتائج محاكاة الحاسوب إلى أن بعض أشكال المستعاثات، كمستعاثات الفرد الجنوبي الضخم الأفريقي وإنسان الكهوف، وكذا الحال عند الشامبانزي المعاصر، والرضيع عند الإنسان، لا يمكنها أن تصدر سوى عدد محدود من الأصوات من أجل التخاطب. بينما يمكن لبعضها الآخر أن تصدر تنوعاً صوتياً أكبر. فبعض مستعاثات المصيلة الإنسانية تمتلك مجاري صوتية تمكنها، افتراضاً، أن تصدر وترن أصواتاً شبيهة بالأصوات التي يصدرها الإنسان الحالي. إنسان شلمينهايم وهو مستعاثة اكتشفت في ألمانيا الغربية يعود تاريخه إلى 250,000 * إنسان ما قبل التلويخ مثل بقحف دون فك. تم اكتشافه قرب شوتمارت في ألمانيا. ننوّه أن حاجبان غليظان، ووجهه صغير نسبياً، وعلية دماغه شبيهة بعلية دماغ الجنس البشري

سة، مقدرة دماغية وشكل المجرى الصوتي الضروري أو اللازم لشيفرة لغوية متطورة على نحو كامل.

ومن سوء الحظ أن مستحاثات الفصيلة الإنسانية المبكرة التي اكتشفها ليكي وجونسون والطيب كانت معثرة ومتشظية للغاية، لأنه لو شابهت الأقواس الجمجمية والأسنان في هذه المستحاثات جمجمة الإنسان الحالي وأسنانه أكثر من مشابهتها تلك الموجودة في القرد الجنوبي الإفريقي الضخم، أو معاصراته، أو إنسان الكهوف، ربما انطبق التشابه نفسه على ترتيب العظام للوجبهة التي ستضيف برهاناً آخر على تطور مجرى صوتي مناسب للكلام يعود عمره إلى مليونين أو ثلاثة ملايين سنة. ويعتمد الكلام طبعاً على أثر من مجرى صوتي مناسب. ويقترح ليرمان أن العوامل المهمة الأخرى هي الأنومالية، والمقدرة الإدراكية وتطوير شيفرة كلامية.

A likely Tale

حكاية محتملة

إن نحن جمعنا الأدلة المتناثرة من مناقشة تطور الكلام من منظور الحاجة الاجتماعية، والدراسات النفسية حول الشامتري، والطيور، والرضع، والدراسات البيولوجية للدماغ والمجرى الصوتي يمكننا أن نقدم تخميناً بشأن كيفية نشوء الكلام وتطوره ونصمم حكاية محتملة.

عاشت أسر من الفصيلة الإنسانية الأولى منذ ملايين السنين في غابات إفريقيا تصطاد غذاءها في مجموعات صغيرة أو فئات. وكانت تتخاطب فيما بينها من خلال استخدام عدة مواقف أو أوضاع جسدية كالإيماءات، والتعابير الوجهية، والصراخ، والنخير وبعض الأصوات الدالة على المراجعة أو السعادة. ومثل حيوانات كثيرة تعيش اليوم، استخدمت هذه المخلوقات الصوت بالطريقة نفسها التي استخدمت فيها الإشارة، وكانت هناك علاقة بسيطة بين الإشارة ومعناها وبين الصوت ومعناه. وعلى غرار التحذير عند الطيور، وتداعي الذئب للتزاوج، وصرخات الخوريلا الدالة على العدوان، أصدر أسلاف الإنسان أصواتاً صاحبة تدل على الغضب، والانتزعاج وفهموا معاني عدة أشكال إيماية ونطقية تخاطبية، فهناك إشارات الطعام، والالتقاء الجنسي،

والخوف، والإنفعال، والكراهة والرضى. وكان كلّ منهم يجمع طعامه بنفسه، ويبقى ضمن نطاق قريب من الآخرين في المجموعة نفسها، ولا يفكر إلا بالخاصر

وحدث تدريجياً أن غادرت بعض المجموعات الغابة الكثيفة بحثاً عن الطعام إلى الأراضي المنبسطة في سهول السافانا (الشكل 7.16)، عندئذ لم تعد هذه المخلوقات تحتاج إلى التراجع بين الأشجار، لكنها احتاجت إلى التجول متباعدة قليلاً لإيجاد الطعام ولم تعد طريقة الوضع الجسمي أو الصرخة الإيمائية تقي بغرض التحاطب. ومع مرور الزمن بدأ هؤلاء الأسلاف يتصبون، وكانوا يستخدمون أيديهم على نحو متزايد في التقاط الثمر والحفر على الجذور بتطور مهارتهم في استخدام الأشياء وجدوا أنه من المفيد استخدام يد واحدة في إمساك الشيء المطلوب بثبات، واستخدام اليد الأخرى في التكيف به. وعلى هذا النحو طوّرت إحدى اليدين ضبطاً عضلياً كبيراً بغرض إمساك غصن الشجرة وجره نحو الأسفل، بينما قامت أصابع اليد الأخرى بالتقاط الثمر مستخدمة الضبط الأكثر دقة التي تعرضه العضلات الرقمية الأصغر. وبعد ذلك، عندما بدأ أحفادهم الذين كانوا صيادين صنع الأدوات الحجرية وتصميمها، استمروا في استخدام يد واحدة في مسك الحجر وشحذه وصقله باليد الأخرى. وقد نُمي صنع الأدوات عند هؤلاء إثار استخدام يد على الأخرى. وعلى هذا النحو اختلفوا عن أسلافهم الذين كانوا يستخدمون كلتا اليدين على نحو متساوٍ في التراجع بين الأشجار. وقد حدث أن معظم هؤلاء الصيادين استخدموا أيديهم اليمنى في العمليات التي احتاجت إلى حركات دقيقة مما نشأ عنه تكيف اتصالات الألياف العصبية في نصف الدماغ الأيسر نفسه مع هذه الحركات الدقيقة، وبما أن هذه النشاطات تتطلب عناية وتركيزاً وقدرات حلّ المشكلات، كان من الطبيعي لنصف الدماغ الأيسر السيطرة على العمليات التحليلية المتصلة بهذه النشاطات، وبالمقارنة كان نصف الدماغ الأيمن مسيطراً في العمليات التي تحتاج إلى التركيب والمقدرة على رؤية الكل والنشاطات البصرية - الفراغية والإدراك. وعندما حدّد الإنسان البدائي الوظائف الدماغية نسبياً، تطورت قدراته بسرعة. وبما أنّ استخدام اليد كان غالباً مصحوباً بنطقٍ وصخب هادقين دججت هذه الأصوات تدريجياً في شبكة اتصالات نصف الدماغ الأيسر المؤسسة قبل أني تربط الفكر والبصر والفعل والصوت.



الشكل 7.16 حفرة مائية. لقد عاش الإنسان الأول في مثل هذه المساكن (جامعة شيكاغو).

وفي ذلك الوقت، ربما منذ ثلاثة ملايين سنة، كان الإنسان البدائي منتصب القامة تماماً، وأصبح مخترعاً لأداة ومكتكلاً بدائياً. احتاج أن يسمي الأشياء لأنه وجد أن التعاون ضمن المجموعة المتقاربة أكثر إنتاجاً في الحصول على الطعام ومقاسمته. وأصبح من الضروري أيضاً التخطيط للمستقبل وتقسيم العمل. كانت له محدودية للعناية لسيير البنية التشريعية لمجره الصوتي، وموزة لشيفرة. لقد كان يصدر عدة أصوات محددة حملت معانيه إلى مستمعيه، وعت هذه الأصوات الشيء نفسه. اختار الأصوات التي كانت متباعدة للعناية على نحو يقلل الارتباك والتشوش إلى أقله عند مستمعيه، وكان مقيداً أيضاً بعدد الأصوات التي استطاع إصدارها لأن حنجرتة كانت أهل من حنجرة الإنسان الحالي، وكان لسانه أكثر تقيداً في حركته. استطاع إصدار بعض الصوائت، واستطاع إصدار أصوات أمعية، ودقات هوائية، وشخير، وأصوات صفيرية، وكان ابتكاره للرسائل الممكنة محدداً ومقيداً تماماً كتفريده في عدد الأصوات.

وحدث تدريجياً أن طور الإنسان البدائي عدداً أكبر من الرسائل بواسطة جميع الأصوات وتركيبها وطور شيفرة عندما اكتشف أنه يمكنه استخدام صوت ما مع أصوات أخرى للتعبير عن عدة معان. ويتطور الشيفرة، تطورت الآليات الإدراكية التي تسيطر عليها

وبانتصاب الإنسان الشبيه الآن، تكيف تركيبه البنيوي لشد الجاذبية على جسمه بهبطت حنجرتة في رقبته التي بدأت تطول وزادت الطلبات الحركية الباعمة المتزايدة على اللسان تحركه المتزايد ودقة حركاته. ولوجد التحوييف الفموي والبلعوم معاً أنبوباً دمينياً طويلاً

واستطاع اللسان الأكثر مرونة الآن أن يتحرك في عدة اتجاهات مكن الإنسان من إصدار أصوات أكثر ليستعملها في شيفرته الكلامية.

وعندما بدأ الإنسان التفكير على نحو أكثر تحريداً، بدأ يستخدم اللغة في التعبير عن فكره وتشديده، وحصلت نقلة كبيرة إلى الأمام في إصدار الكلام عندما أدرك الإنسان أن تبديل ترتيب الأصوات في التجمعات الصوتية لن يعطيه ألفاظاً يمكنه أكثر (/ma/ /am/) بحسب بل إن تعير التجمعات نفسها أو تبديلها يمكن أن يستخدم للإشارة إلى خلافات أبعد في المعنى، وهكذا، بدأ تطوير علم التراكيب كمجموعة قواعد للنسق اللفظي الذي تخضع عن عرض رائع من الإبداع والابتكارات في إيجاد عدة طرق للإشارة إلى تغيرات في المعنى.

هل «هل نوم جاهز؟» تعني شيئاً مختلفاً عن «إن نوم جاهز»، وكذلك الحال في اللفظ «نوم ضرب سالم» مقابل «سالم ضرب نوم». ففي كل حالة نجد أن الكلمات هي نفسها، لكن التركيب أدنى إلى اختلاف في المعنى. ومن الأفضل فهم قواعد معينة وأتباعها في مثل هذه التغيرات، وإذا ذاك لن يحتاج المرء إلى تعلم كل لفظ بنفسه، بل يكفي تعلم القاعدة التي يمكن تطبيقها في أمثلة أو حالات أخرى.

واكتشف الإنسان طرقاً إضافية لتغير المعنى من خلال الإضافة، والحذف، أو تغير صوت ما (Cata/Cat n/ran) أو تغير النبرة (Contract) بمعنى وثيقة (Contract) تعني يوافق ومن خلال تغير نقاط الوصل (an aim/a name)، أو بوساطة تغير نمط التنغيم (she left/she left?) وهكذا، كانت المرحلة الثالثة في تطور اللغة بناءً للتعبير اللغوي بحيث يمكن لأي إنسان يعرف القواعد التركيبية للغة ما مع معجمها أو مجموعة من كلماتها أن يتكرر جملًا لم يتعلمها أو يسمعها قبل، إن حدد الجمل في اللغة الإنسانية لا حصر له. وهناك نظام دلالة شامل أو نظام من الألفاظ الخاصة (ذات معنى أو مغزى). ووافق تزايد عبء اللغة في التعقيد تزايد الآلية الإدراكية التي تدعم وظيفتها.

المرحلة الأولى: الصوت = المعنى

المرحلة الثانية: تجميع صوتي = المعنى

المرحلة الثالثة: بناء صوتي وفق قواعد معينة = المعنى.

وتجولت قبائل مختلفة من الإنسان البدائي في اتجاهات مختلفة، وهكذا احتلّت التجمعات الصوتية أو الكلمات التي طورها. واختلفت التراكيب الخاصة في اللغات

الناتجة أيضاً على الرغم من وجود بعض التشابه في كل من القواعد التركيبية والمفردات عندما كان هناك إتصال بين المجموعات البشرية. لكن الأصوات الكلامية التي استخدمتها المجموعات الإنسانية المختلفة كانت متشابهة تقريباً بسبب الفيود النيهوية الإنسانية (بناء المجرى الصوتي) وتشابه الجسم البشري. وطور الناس في كل مكان لغة شعوية. فكل اللغات تعمل وفق قواعد تمكن المرء من تنظيم شيفرة معقدة من الألفاظ الهادفة (دات مغزى).

الخلاصة Conclusion

ثمة سؤالان يطرحان على أي نقاش حول نشوء اللغة وتطورها وهما: كيف يمكن للمرء أن يفسر الفترة القصيرة التي يفترض تطور اللغة فيها، وثانيهما: كيف يمكن للمرء أن يفسر «المروق» عكس «العوامل التعليمية» في أصل اللغة وتطورها. وشرح للإفجار المفاجيء في تطور اللغة الذي يفترض أنه حدث يشبه الطفل الذي يتحرك بسرعة من تسمية بعض الأشياء في سنته الأولى إلى القواعد التركيبية المعقدة في سن السنتين، فالإنسان البدائي تقدم بسرعة مذهلة منذ أن امتلك الفكرة «فكرة اللغة». وتفسير آخر يمكن أن يكون أن تطور اللغة لم يكن إنفجارياً، ولكنه بدأ منذ زمن أقدم مما هو معتقد، ربما أكثر من مليوني سنة، وتطور تدريجياً. تتصل هذه الفكرة بمسألة طبيعة الكلام؟ هل هو فطري أم مكتسب؟ وإذا ما عدنا إلى ديكارت ولوك، أمكننا أن نتساءل عما إن كان الإنسان تعلم لغة مجتمعه بتمامها من خلال أحاسيسه كما يقترح لوك، أم إن الإدراك الأساسي في اللغة يعتمد على كفاءة الإنسان العظمية من حيث هو مخلوق مفكر كما يقترح ديكارت. فعلى أساس شروط التطور، يجب على الإنسان أن يفكر على نحو كاف حتى يطور شيفرة كلامية في المكان الأول. ورغم ذلك، على كل شخص أن يتعلم خصوصيات هذه الشيفرة من جديد. فلاصطفاء الطبيعي قد فضل أفضل من هو قادر على تعلم الكلام ولذلك فإن المروق المعروفة بالإنسان المعاصر موهوبة في الحملة بمقدرة تعلم اللغات خلال فترة الطفولة. وهكذا نجد أن مقدرة تعلم اللغة والكلام فطرية، في حيث أن نعلم لغة خاصة، والكلام الحقيقي أشياء مكتسبة. ويمكن أن يوافق ديكارت ولوك على هذا التمييز، وكنا تشومسكي وسكراما الخلاف ويقع حول مكان الأهمية.

وهكذا نهي هذا الكتاب حول الكلام بمناقشة بدايات التكلم. يجب على العصف أن يتحرك من المعلوم إلى المجهول. ولا يمكن للمرء أن يأمل في إعادة بناء تطور لغتنا إلا

من خلال بعض المعرفة بالأنظمة اللغوية، وإصدار الكلام وإدراكه. وعلى قدر ما تزداد معرفتنا بالطرق التي يرمز بها الإنسان الرسائل اللغوية ويفك رموزها نكون قادرين على استكمال نظرياتنا، التي نعتزف بأنها مشوهة ومفرطة في تعميماتها، على نحو أفضل.

والأسئلة التي لا إجابة لها عديدة ومثيرة: إلى أي مدى من الدقة يعكس تطور الكلام عند الطفل نشوء التطوري؟ إلى أي درجة مولفة (مُعدّة) الأطفال لإدراك العوارق السمعية الهامة في الكلام؟ كيف تتداخل عمليات إصدار الكلام مع عمليات إدراكه أثناء تعلم اللغة؟ كيف يسيطر الدماغ على التوازي والأوامر الحركية المتشابكة أثناء إصدار الكلام؟ ما الضروري من آليات التغذية الراجعة ونحت أي ظروف؟ إن علم الكلام نظام بحث في أحد أهم أفلق المعرفة الإنسانية ونحن هنا جميعاً.

المراجع خاصة بالفصل السابع

General

- Harnad, S. R., Steklis, H. D., and Lancaster, J. (Eds.), *Origins and Evolution of Language and Speech*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 200, 1974.
- Negus, V. E., *The Comparative Anatomy and Physiology of the Larynx*. New York: Hafner, 1968. This book is a rewritten version of *The Mechanisms of the Larynx* which Negus had published in 1959 in London by Heinemann Medical Books, Ltd.
- Plattner, J. R., *The Emergence of Man*. 2nd Ed., New York: Harper & Row, 1972.
- Stem, J. H., *Inquiries into the Origin of Language: The Fate of a Question*. New York: Harper & Row, 1976.

A Sampling of Thoughts on Speech Origin and Evolution

- Oeschwind, N., *The Neural Basis of Language. Research in Verbal Behavior and Some Neurophysiological Implications*. K. Saltzinger and B. Saltzinger (Eds.) New York: Academic Press, 1967, pp. 423-427.
- Hewes, G. W., *Primate Communications and the Gestural Origin of Language*. *Curr. Anthropol.* 14, 1973, 5-12.
- Hockett, C. F., *The Origin of Speech*. *Sci. Am.* 202, 1980, 88-98.
- Hockett, C. F., and Ascher, R., *The Human Revolution*. *Curr. Anthropol.* 5, 1964, 135-166.
- Lamendella, J. T., *Relations between the Ontogeny and Phylogeny of Language: A Neo-recapitulationist View*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 200, 1976, 399-412.
- Mazur, P., *A Comparative Approach to Vocal Development: Song Learning in the White-crowned Sparrow*. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 71, 1970, 1-25.
- Mazur, P., *On the Origin of Speech from Animal Sounds*. In *The Role of Speech in Language*. J. F. Kavanaugh, and J. E. Cutting, (Eds.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1975, pp. 11-37.
- Myers, R. E., *Comparative Neurology of Vocalization and Speech: Proof of a Dichotomy*. Ann. N. Y.

Lieberman, P., *On the Origins of Language: An Introduction to The Evolution of Human Speech*. Series in Physical Anthropology. New York: Macmillan, 1975.

Lieberman, P., Corlin, E. S., and Klatt, D. H., *Phonetic Ability and Related Anatomy of the Neanderthal and Acheul Homo, Neanderthal Man, and the Chimpanzee*. *Am. Anthropol.* 76, 1973, 287-307.

Moravcsik, E. C., *Speech Cues and Sign Stimuli*. *Am. Sci.* 60, 1972, 267-267.

Fossil Hominids

- Dry, M. H., Leakey, R. E. F., Walker, A. C., and Wood, B. A., *New Hominids from East Rudolf, Kenya. I*. *Am. J. Phys. Anthropol.* 42, 1975, 441-475.
- Holloway, R. L., *The Costs of Fossil Hominid Brains*. *Sci. Am.* 231, 1974, 104-115.
- Johanson, D. C., *Ethiopia Yields First 'Family' of Early Man*. *Natl. Geogr. Mag.* 198, 1976, 791-811.
- Leakey, R. E. F., *Evidence for an Advanced Pleistocene Hominid from East Rudolf, Kenya*. *Nature* 242, 1973, 447-448.

Living Primates and Birds

- Gardner, R. A., and Gardner, B. T., *Teaching Sign Language to a Chimpanzee*. *Science*, 190, 1969, 644-672.
- Gardner, R. A., and Gardner, B. T., *Comparative Psychology and Language Acquisition*. In *Psychology: The State of the Art*. K. Saltzinger and F. L. Denmark (Eds.) Ann. N. Y. Acad. Sci. 200, 1976, 37-48.
- Acad. Sci. 200, 1976, 7045-7057.
- Premack, D., *Language in Chimpanzees?* *Science*, 172, 1971, 806-822.
- Rumbaugh, D. M., Gill, T. V., and Von Glasersfeld, E. C., *Reading and Sentence Completion by a Chimpanzee (Pan)*. *Science*, 182, 1973, 731-733.
- Van Lawick-Goodall, J., *In the Shadow of Man*. Boston: Houghton Mifflin, 1971.

الملحق - رقم 1-

الأبجدية الصوتية للإنجليزية الأمريكية معتمدة على الأبجدية الصوتية العالمية.

APPENDIX 1

The Phonetic Alphabet for American English

Based upon the International Phonetic Alphabet

The Sounds of American English*

Vowel sounds	Key words	Consonant sounds	Key words
i	each, free, heap	θ	there, clothes
ɪ	it, bit	t	ten, it
e	ate, made, they	d	den, had
æ	and, man, there	n	no, one
ʌ	ask, half, past	l	live, all
ɑː	about, father	r	red, arrow
o	hot, odd, dog, crowd	s	see, yes
ɔː	show, lot	z	zeal, as
oʊ	now, note, go, good, foot	ʃ	show, ash
u	two, too	ʒ	measure, sure
ə	alone, among, circus, system	j	just, yet
ʒ, ʒ	leather, singer	ʒ	large, human
ʃ, ʃ	us, come	k	key, ache
ʒ, ʒ	um, third	g	go, big
		ŋ	sing, long
		h	he, how
Consonant sounds	Key words	Consonant combinations (digraphs)	Key words
p	pie, ape	ɪʃ	chew, each
b	be, web	dʒ	gem, hedge
m	me, am	Vowel combinations (diphthongs)	Key words
v	ve, move	aɪ	said, may
n	why, when	aʊ	aisle, sight
ʃ	free, if	ɔɪ	oil, joy
v	vine, have	aʊ	owl, cow
θ	thin, both	oʊ	own, go

ملحق رقم 2-

الأعصاب القحفية الخاصة في الكلام والسمع:

المطقة	الاسم
الأنف	1. الأعصاب الشمية (Olfactory)
العين	2. العصب البصري (الثاني) (Optic)
العين	3. العصب المحرك للعقلة (الثالث) (Oculomotor)
العين	4. العصب البكري (الرابع) (Trochlear)
الوجه	5. العصب المثلث التوائم (Trigeminal)* يزود الحركة للعضلة الحكيمة المؤثرة وثلاثي احساس اللسان
العين	6. العصب المبعد (السادس) (Abducent)
الوجه	7. العصب الوجهي (السابع) (Facial)* (للمضلات الشفوية)
الأذن	8. العصب السمي (الثامن) (Auditory)* ينقل الإحساس من القوقعة الأذنية مع بعض الألياف الحركية
البلعوم	9. العصب اللساني البلعومي (Glossopharyngeal)* الحركة إلى البلعوم، حسي من مؤخرة اللسان
الحنجرة	10. (Vagus)* العصب البهم (الحركة إلى العضلات البلعومية)
الحنك الرخو	11. العصب اللاحق (Accessory)* (الحركة إلى العضلة الحنكية الراقعة)
اللسان	12. العصب تحت اللسان (Hypoglossal)* الحركة للعضلات اللسانية.

• لم تذكر سوى الوظائف المتعلقة بالكلام والسمع

ملحق رقم 3-

الأعصاب الشوكية المهمة في الكلام

* C₁ - C₈ العنقي (Cervical) الرقبة C₃ - C₈ العصب الحجابي إلى الحجاب الحاجز
T₁ - T₁₂ الصدري (Thoracic) الصدر T₁ - T₁₁ إلى العضلات بين ضلعية
T₂ - T₁₂ إلى العضلات البطنية

* سم يذكر سوى الوظائف المتصلة بالكلام . فالحنور الظهرية (تنبثق من مؤخرة الحنجرة الشوكية) هي حسية، والحنور البطنية (المنتزعة من مقدمة النخاع الشوكية) هي حركية

Glossary

مسرد بمعاني المصطلحات

A

- ABX Test** اختبار ABX إجراء في اختبار التمييز يطلب من المستمع أن يشير إلى إمكانية أصوات المؤثر الثالث المقدمة تشبه أكثر أصوات المؤثر الثاني أم المؤثر الأول
- Abduct** يبعد عن المحور الأساسي
يبعد عن محور الجسم السهمي أو أحد أقسامه
- Abclass** الإحداثيات السيني (الأفقي).
أحد الإحداثيين في نظام إحداثي ثنائي البعد، ويكون عادة الإحداثي الأفقي. يرمز له بالحرف X (إحداثي X لنقطة ما، يقاس بعده عن الإحداثي Y على نحو متوازٍ للإحداثي X' (الإحداثي الأفقي))
- Absolute Threshold of Audibility** عتبة (حد) السمع المطلقة
مقدار من الصوت يلتقطه المستمع بـ 50% من الوقت
- Acceleration** تسارع
معدل تغير السرعة بالنسبة إلى الزمن
- Acoustic Reflex** منعكس سمعي
منعكس ثنائي في الأذن الوسطى يستجيب للأصوات العالية بتغير معاوقة الأذن الوسطى.
- Acoustic Resonator** مرنان سمعي
أي شيء يحتوي على الهواء؛ أبنية مليئة بالهواء مصممة لأن تزن عند ترددات معينة.
- Acoustics** دراسة الصوت (السمعيات)
- Adaptation** التكيف
اختلافات في الحركات الكلامية تعتمد على البيئة الصوتية المجاورة.
- Adaptation studies** دراسات التكيف
اختبارات تحديد الكلام وتمييزه بعد أن يتعرض المستمع إلى مؤثر ما على نحو متكرر.

Adduct

ينجذب أو يقترب من المحور الرئيس

يقترب من محور الجسم السهمي أو أحد أقسامه.

Afferent

مورد، ناقل نحو محور عصبي

ينقل أو يوصل نحو المركز. ففي النظام العصبي، تنقل العصبونات من الأجزاء الثانوية إلى المركز العصبي الرئيسي.

Affricate

صوت الوقف - الاحتكاكي

صوت يجمع بين إغلاق صوت وقف بتحرير صوت احتكاكي.

All- or- None principle

مبدأ الكل أو لا شيء.

عندما يثار عصب بمفرده، أو ليف عضلي عند أو فوق عتبة الإثارة أو فوقها، فإنه سيطلق بقدرته الكاملة أو مداه المطلق بغض النظر عن شدة المؤثر والمنبه أو كثافته.

بديل صوتي، ألفون

أحد أعضاء عائلة صوتية تعمل بوصفها فونياً واحداً. $[P^h]$ هو Allophone

من الفونيم $[P]$.

Alpha (α) Motoneurone

عصبونات α الحركية

ألياف عصبية صادرة كبيرة (يبلغ قطرها من 9-16 μ) تعصب العضلات الهيكلية*

Alveolar Process

التوء (الزائدة) اللثوية

حد العظم الفك السفلي أو الحد العلوي للفك السفلي الذي يحتوي على جيوب تمسك بالأسنان.

Amplitude

السعة

القيمة المطلقة للإزاحة العظمى من قيمة الصفر خلال دورة واحدة من الذبذبة.

Amplitude Spectrum

الطيف السعوي

تمثيل سعوي لحدث اهتزازي يمثل فيه المحور العمودي سعة الإشارة بينما يمثل المحور الأفقي ترددات المكوّن.

Analog - to - Digital Converter

محول نظيري - رقمي

أداة إلكترونية تحول إشارات مستمرة بقيم مستقلة - منفصلة.	
نظرية التحليل من خلال التركيب	Analysis - By - Synthesis Theory
نظرية قنمها ك. ن ستريفيتز تقول بأن عملية تحليل الكلام أو الإدراك يحتوي على إعادة بناء أولية أو تركيب للإشارة السمعية.	
القوس الحنكي - اللساني	Anterior Faucial Pillars
ريادات هاسطة من الحنك الرخو على هيئة قوس تحتوي على العضلات الحنكية - اللسانية.	
رنين مضاد	Anti - Resonance
تأثير تصفية في المجرى الصوتي يتميز بفقدان القدرة السمعية في منطقة تردد معين.	
لا دوري	Aperiodic
يتعلق بذبذبات الدورات الشاذة.	
الحبسة	Aphasia
فقدان جزئي أو كامل لقدرة استخدام اللغة أو فهمها يتبع عن أذى يلحق بالدماغ.	
نطق	Articulation
حركات المجرى الصوتي في إصدار الأصوات الكلامية	
طرجهاري	Arytenoid
غضاريف مثلثة الشكل تتصل بها الحبال الصوتية.	
هائي، مهموس، مهموس نفسي	Aspirate
صوت مع احتكاك يصدر في المزمار مثل /v/	
تشابه	Assimilation
تغير في سمات صوت كلامي نحو سمات أصوات مجاورة.	
الكتنم (طب)	Athetosis
حالة تتسم بحركات لا إرادية وبطيئة دودية الشكل وتلكسة لمختلف أجزاء الجسم، تتعلق بإصابات في العقدي القاعدية.	
السمع	Audition

Auditory Agnosia

العمى السمي

عجز الأجهزة السمعية المركزية على إدراك الصوت وتمييزه.

Auditory Nerve

العصب السمي

العصب القحفي الثامن. عصب حسي بفرعين: الدهليزي الذي ينقل معلومات حول موقع الجسم، وفرع آخر قوقعة الأذن الذي ينقل معلومات سمعية. يسمى أيضاً بعصب قوقعة الأذن والدهليزي؛ أو العصب السمي.

Auricle

الصوان

الغضروف المرئي من الأذن الخارجية.

Autism

فصام

تناذر يتسم بصعوبة تشكيل علاقات شخصية إجتماعية وتطوير لغة

Autism Theory

النظرية الفصامية

نظرية مورير التي تقول بأن الأطفال يكافئون داخلياً عندما ينفذون مطلق ضمني أو يلعنون كلمات جديدة.

Axon

محور عصبي

قسم من عصبون يحمل البضات العصبية بعيداً عن جسم الخلية.

B

Babble

الباباة

تنوع صوتي بدون أية دلالة لغوية يصدره الرضيع.

Basal Ganglia

العقلة القاعدية

الجسم المخطط، أو الجسم المخطط والمهاد معاً كمراكز تحت قشرية هامة (مجموعة من عدة كتل رمادية في المادة البيضاء في كل من نصفي الدماغ).

Basilar Membrane

الغشاء القاعدي

غشاء رقيق يشكل قاعدة عضو كورثي الذي يتر استجابة لترددات الصوت المختلفة وتثير الخلايا الحسية الشعرية المنفردة في عضو كورثي.

Bernoulli Effect

تأثير بيرنولي

هبوط ضغطي يسببه تزايد السرعة عبر ممر ضيق.

Body Plethysmograph

مقياس التضخم / الكظافة

جهاز على هيئة صندوق ممتلئ يستخدم في قياس الإهتزازات الهوائية التي تصدرها الحركات التنفسية.

Brain stem

جذع الدماغ

الدماغ الأوسط. والجسر (بروز عظمي من المادة البيضاء يقع أسفل الدماغ، ويتكون من ألياف تلتقي النبضات من القشرة الدماغية، وتصدر أليافاً إلى الطرف المقابل من المخيخ) والنخاع المستطيل.

Buccal Cavity

التجويف الوجني

التجويف الوجني الواقع بين الأسنان واللحدين.



CNS = Central Nervous System.

الجهاز العصبي المركزي

CVA = Cerebral Vascular Accident

حادث وعائي عظمي.

Carotid Artery

شريان الرقبة الرئيسي الذي يزود الدماغ بالدم

Categorical Perception

إدراك صوتي تصنيفي

تدرك الأصوات على أنها تعود لمجموعات بنقلات إرادية مفاجئة بينها. وتتميز تغيرات سمعية متساوية في مؤثرات شبيهة بالأصوات الكلامية بسهولة عندما يطلب من المستمع إتباعها بمجموعات مختلفة، إلا أنها صعبة التمييز عندما يطلب تحديدها في مجموعة واحدة.

Catheter

قسطر - ميل - محجاج

أنبوب رفيع يولج في ممر جسمي أو تجويف.

Central Nervous System

الجهاز العصبي المركزي

ذلك القسم من الجهاز العصبي الذي يتألف من الدماغ والحبل الشوكي.

Central Tendency

إنحياز - نزعة - ميل أساسي

قيمة تختار كنموذج لمجموعة من القياسات

Cerebellum

المخيخ

قسم رئيسي من الدماغ (يقع خلف الدماغ وفوق المادة البيضاء المحطبة الجسر) متخصص بتنسيق وتنظيم الحركة.

Cerebral Hemispheres

نصف المخ

نصف المخ، ويشكلان القسم الأساسي من الدماغ.

Cerebral Palsy

شللٌ حركي

إسم يطلق على مجموعة من الاضطرابات تسمى بشلل، أو عدم التنسيق بسبب ضرر أو آفة داخل الجمجمة ساعة الولادة أو قريب منها.

Cerebral Vascular Accident

حادوث وعائي حركي

لحتر أو انفجار أوعية الدماغ الدموية تسبب في دمار أو تعطيل الجهاز العصبي.

Carumen

الصملاخ (سمع الأذن)

Cervical Nerve

العصب العنقي

أحد ثمانية أزواج من الأعصاب الشوكية التي تنهض من أجزاء الحبل الشوكي في منطقة الرقبة.

Cilia

أهداب

زوائد شعرية الشكل قصيرة نسبياً، مركزية القاعدة، توجد على بعض الخلايا والمصبونات القابلة للحرك.

Cinefluography

تصوير سينمائي فلوري

تصوير سينمائي بصور بأشعة X.

Claviates

عظمي الترقوة

Cleft palate

الحنك المشقوق

شق خلقي في سقف الحنك.

closed-loop system

نظام الحلقة (الدائرة) المغلقة

نظام يعمل تحت ضبط التغذية الإرجاعية

Co - Articulation

نطق مصاحب

تشابك مؤقت للحركات النطقية في أصوات كلامية مختلفة.

Cochlea

قوقعة الأذن

جوف الأذن الداخلية الحلزوني الذي يحتوي على أعضاء حاسة السمع.

Cochlear Duct

مجرى / قناة القوقعة الأذن

تحت القوقعة الأذن الغشائي الذي يحتوي على عضو كورثي. تسمى أيضاً بتقسيم القوقعة الأذن والسلم المتوسط.

Cognate

قرين

زوج من الأصوات متشابهة تماماً في مكان وطريقة النطق، ولا يختلفان إلا بوجود الجهر أو غنمه.

Collective Monologue

مونولوج جماعي

هذه أفراد يتكلمون مونولوجات وكأنهم بمفردهم، ولكنهم يتخلون أدواراً وكأنهم في مناقشة.

Communication

محادثة - اتصال

إعطاء، أو إعطاء واستقبال المعلومات.

Compression

إنضغاط

إنضغاط في الجسم وزيادة في ضغط الوسط.

Conditioned Response

استجابة مشروطة / مقيدة

تتوضح الاستجابة المشروطة في التقييد الكلاسيكي بمؤثر محايد مسبق، فهي اللعب الذي يسببه زنين الجرس في تجربة بافلوف.

Conditioned Stimulus

مؤثر - منه مقيد

المؤثر (المنبه) المقيد في التقييد الكلاسيكي، فهو منه محايد مسبقاً يثير استجابة، وهو الجرس الذي يسبب سيلان اللعاب في تجربة بافلوف.

Contact Ulcers

قرح

نقاط تآكل أو انقطاع في أقسام الحبال الصوتية الغضروفية يسببها إنجذابات قوي

نحو المحور.

Continuant

صوت مستمر

صوت كلامي يمكن إبقائه، ويحتفظ بسماته السمعية.

Control	ضبط - تحكم - محكم
	مجموعة في تجربة تمثل المعيار بالمقارنة بالمجموعات الأخرى في التجربة وغالباً ما تعتبر مجموعة الضبط عادية نسبةً إلى المجموعات التجريبية.
Conus Elasticus	المحروط المرن
	غشاء يواصل الممرات الهوائية الصاعدة من الغضروف الحلقائي إلى الرباط الصوتي الذي يحيط بالزمار.
Cortex	اللحاء - قشرة الدماغ
	القسم الخارجي أو السطحي من عضو، مثل الطبقة الخارجية من المادة السنجابية في المخ.
Costal Pleura	غشاء الجنب الضلعي
	الغشاء الذي يبطن جدران التجويف الصدري.
Cranial Nerves	الأعصاب القحفية (الجمجمية)
	إثنا عشر زوجاً من الأعصاب تنبت من قاعدة الدماغ.
Creaky Voice	صوت صريري
Cricoid	الغضروف الحلقائي
	غضروف الحنجرة الذي يشبه خاتم السداد المحكم.
Cricothyroid Muscle	العضلة الحلقائية - الدرقية
	عضلة جرهريّة في الحنجرة تشد أو توتر الحبال الصوتية.
Critical Period	الفترة الحساسة (في تعلم اللغة والكلام)
	فترة من الحياة يتطور خلالها إصدار الكلام وإدراكه في اللغة الأولى بشكل عادي. يعتقد أنه بعد هذه الفترة يصبح تطور اللغة متعديراً أو صعباً للغاية.
Cybernetics	المؤازرة
	دراسة أنظمة ذاتية التنظيم.

D

Damping	تضاؤل (تخافت)
	تضاؤل (تخافت) سعة الاهتزازات أو الحركة بمرور الزمن.

الديسيل
Decible

وحدة قياس الشدة، نسبة بين الصوت المقاس وصوت مرجعي (قياس)
التغذية الارجاعية السمعية المؤجلة
Delayed Auditory Feed back
تأخير في سماع المرء لكلامه. يصدر صناعياً.

غصين
Dendrite
البروز التفرعي الذي ينقل النبض العصبي إلى جسم الخلية.

متحول / متغير تابع
Dependant Variable
متحول في تجربة يلاحظ ويتغير نتيجة تأثير المتحول المستقل.

حبة تطورية
Developmental Aphasia
إكتساب غير طبيعي للكلام واللغة عند الأطفال سببه إعاقة أو تلف في الجهاز العصبي المركزي.

الحجاب الحاجز
Diaphragm
حجاب قمي الشكل مؤلف من عضلة ونسيج ضام، يفصل بين تجويف البطن والصدر عند الثدييات، ويستخدم كعضلة تنفسية.

الداين
Dyne
وحدة قياس القوة، القوة المطلوبة لتسارع غراماً واحداً من الكتلة مسافة سنتيمتر واحداً في ثانية واحدة.

لكنة
Dysarthria
إضطراب نطقي سببه تلف بعض أجزاء الجهاز العصبي التي تضبط العضلات النطقية.

عسر القراءة
Dyslexia
صعوبة تعلم القراءة.

E

ترديد الألفاظ
Echolalia
ترديد أوتوماتيكي لما قاله شخص آخر.

صادر
Efferent

ينقل من منطقة مركزية إلى منطقة ثانوية، ويشير إلى الأعصاب التي تنقل
الصفات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأجزاء الثانوية.

Egocentric Speech

مناخاة النفس

كلام المرء لنفسه بصوت مسموع.

Elaborated Code

شفيرة - رمز مطور - تحكم

مصطلح للدلالة على كلام أولئك الذين لا يفترضون أن المستمع يعرف السياق.

Elasticity

المرونة - المطاطية

رغبة العودة إلى الوضع الأساسي بعد تشوه تحت ضغط...

Elastic Recoil

إرتداد مرن

عودة ومطاً إلى حالة الراحة بسبب صفاته (الشيء) أو سماته البنائية.

Electromyography

تخطيط نشاط العضل الكهربائي

تسجيل الكمون الكهربائي العضلي بواسطة غرس الكترودات في الألياف
العصبية نفسها أو استخدام سطح اليد.

Empiricist

تجريبي

من يؤسس أو يقيم إستنتاجاته على التجربة أو الملاحظة وليس على التفكير وحده
(دون التفكير وحده)

Enoded

مُرْمَز (مُشَفَّر)

محول بشكل لا تميز فيه العناصر الأساسية (الأصلية) كوحدات منفصلة
(مستقلة).

Endolymph

اللمفا الداخلية

السائل اللمفي الذي يوجد في اتية الغشائي للأذن الداخلية.

Epiglottis

لسان المزمار

إمتداد من غضروف مرن مغطى بغشاء مخاطي يخلق فتحة القصبة الهوائية مانعاً
الطعام والشراب من الدخول.

Esophagus

المرئ

أنبوب عضلي أجوف يمتد من البلعوم إلى المعدة.

Eustachian Tube	القناة السمعية
	قناة ضيقة تصل الأذن الوسطى بالبلعوم الأنفي، وتسمح هذه القناة إلى تساوي الضغط على جانبي غشاء الطبلة المتقابلين
Experimental (Condition)	شروط تجريبية
	مجموعة من الشروط تجري الملاحظة تحتها.
External Auditory Meatus	الصماخ السمي الخارجي
	قناة تمتد من غشاء الطبلة إلى الصيوان، وذلك جزء من الأذن الخارجية.
External Feedback	تغذية إرجاعية خارجية
	نظام معلومات حول نتائج تنفيذ نفسه، تغذية الكلام الإرجاعية السمعية والموضوعية
External Intercostal Muscles	المضلات البين - ضلعية الخارجية
	عضلات تصل الأضلاع ببعضها وترفعها أثناء الشهيق.
External Obliques	المضلات المنحرفة الخارجية
	عضلات بطنية تهبط نحو الأمام في الجدران الجانبية.

F

Feature Pedector	لاقط السم
	ميكانيكية عصبية متخصصة بالإستجابة إلى سمات سمعية أو صوتية في إشارة أو رمز
Features	سمات، صفات
	سمات أصوات كلامية تميز الواحد عن الآخر
Feedback	تغذية إرجاعية
	معلومات حول التنفيذ تعود إلى نظام الضبط. تنقل التغذية الإرجاعية السلبية معلومات عن الأخطاء، بينما تنقل التغذية الأرجاعية الإيجابية معلومات بأن التنفيذ يسير وفقاً للمخطط.
Fiberscope	كاشف ليفي، منظار ليفي
	حزمة من ألياف زجاجية تستخدم في فحص بصري مباشر داخل التجاويف الجسمية.

Fissure of Rolando

فطر، شق رولاندو

تحدّب يفصل المصووس الأمامية عن الخلفية في نصفي المخ.

Fluro scope

كاشف فلوري

جهاز يستخدم لرؤية مباشرة لأبنية جسم داخلية أو عميقة بواسطة الأشعة

السينية.

Formal education

ذبلبة مقسورة

ذبلبة بقوة خارجية

Formant

تشكيل موجي مميز

رنين في المجري الصوتي. تعرض التشكيلات الموجية المميزة في أطباق على هيئة

أنطقة قلدة عريضة.

Free vibration

ذبلبة حرة

ذبلبة تتبع تحريك بدون أي تأثير خارجي لاحق.

Frequency

تردد

عدد الدورات في الثانية.

Fricative

صوت احتكاكي

صوت ذو تردد عالي يتج من قس الهواء الدخول في فتحة ضيقة.

Front lobe

الفص الأمامي

ذلك القسم من أي قسمي المخ يقع فوق فطر سيلاليا وأمام فطر رولاندو

Fundamental Frequency

التردد الأساسي

تردد أدنى مركب في نغمة مركبة.

G

Gamma (Δ) Moto neurons

عصبونات غاما الحركية

عصبونات صغيرة تنقل النبضات العصبية إلى الألياف ضمن معزليه في محور أو

ساق العصلة.

Genio Glossus Muscle

عضلة ذقنية لسانية

عضلة لسانية جوهريّة تقوم برفع اللسان ودفعه نحو الأمام.

Glide	صوت منزلق
صوت يحتاج إصداره إلى تحرك اللسان بسرعة من هيئة أو شكل مفتوح نسبياً إلى شكل آخر في المجرى الصوتي. أمثلة في اللغة الإنجليزية /w/ و /v/	
Glottal Attack	هجوم مزماري
أسلوب في ابتداء الجهر، تكون فيه الحبال الصوتية منجلبة نحو محورها بشدة عند بداية الجهر.	
Glottis	المزمار
Glottograph	جهاز يستخدم لقياس الكمية النسبية من الضوء التي تبت عبر المرمار.
Graphic level Recorder	مسجل التمثيل (الخطي)
جهاز يستخدم في تحديد الشدة كدالة على محور الزمن.	
Gray Matter	المادة السنجابية
مناطق عديدة النخاعية في الجهاز العصبي، تتألف، على الأغلب، من أجسام خلايا، تهاين في لونها مع لون الألياف العصبية المائلة إلى البياض.	
Hard palate	H الحنك الصلب (القاسي)
القسم الصلب بين الفم والأنف. سقف الفم.	
Harmonics	توافقي
ذبذبة ترددها هو مضاعف صحيح للتردد الأساسي.	
Hominids	فصيلة الإنسانيات
أفراد عائلة الإنسان الحديث والإنسان المنتحاة. لا تضم القردة.	
Hyoglossus Muscle	العضلة اللسانية - اللامية
عضلة لسانية جوهرية تخفض اللسان	
Hyoid Bone	العظم الكلامي
عظم على هيئة نعل فرس يقع عند قاعدة اللسان وفوق الغضروف الدرقي.	
Hypersalinity	أنفية - مفرطة
صفة صوتية تسم برئين أنفي مفرط.	

أنفية - ناقصة
Hypo nasality
صفة صوتية تسم برنين أنفي غير كاف (دون المستوى)

إختبار التحديد
Identification test
إختبار إدراكي تقدم المؤثرات فيه كل على حده (متفصلاً) كي يسمى (يطلق عليه اسم).

معاوقة
Impedance
مقاومة للحركة نتيجة كثافة الوسط وسرعة الصوت فيه؛ المجموع المركب للمفاعلات والمقاومات.

في الطور - متطاور
In Phase
ذوات أشكال موجية لها ذات التردد، وتتم بقيم متقابلة في اللحظة نفسها.
(إشارتين موجتين ضغطيتين تحتلكان نفس الذروة ونفس القعر في نفس اللحظة)
المقاطع
Incisors

الأسنان الأمامية في الفك السفلي والعلوي، يبلغ مجموعها ثمانية في الأسنان الكاملة.

عظم السندان
Inoue
العظم الوسط في العظيقات الأذنية.

متحول مستقل (مطلق)
Independent Variable
المتحول المتغير في التجربة.

المطالة
Inertia
صفة شيء نهيجة لكتلته بحيث من خلالها بحالة مستقرة أو سرعة على طول محور مستقيم طالما لم تؤثر فيه قوة خارجية.

عضلة سفلى قابضة
Inferior constrictor Muscle
إحدى العضلات البلعومية الثلاث القابضة، تعمل ألياًها كصمام يفصل البلعوم الحنجري عن المريء.

العضلات الطولانية الداخلية (السفلى)
Inferior-longitudinal Muscles
عضلات لسانية تعمل على ضغط قمة اللسان.

Intensity	الشدة
	مقدار صوتي معبراً عنه في القدرة أو الضغط.
Intensity level	مستوى الشدة
	قوة الإشارة، ديسبلات مشتقة من نسبة القوة. القوة المرجعية العادية تساوي إلى 10-16 واط في السنتيمتر المربع الواحد
Interarytenoid	بين الغضاريف الطرجهارية
	تشكل عضلات الغضروف المنحرف، والغضروف المستعرض مجتمعة عضلات بين الغضاريف الطرجهارية. تعمل أثناء الجذب نحو المحور.
Inter chondral	بين الغضاريف
	تستخدم للدلالة على أجزاء العضلات الوريية/ المنحرفة بين أجزاء الأضلاع الغضروفية.
Inter costal Muscles	العضلات الوريية/ المائلة
	تقع بين الأضلاع، وتعمل أثناء التنفس.
Interference pattern	نمط متداخل
	عرض موجة مركبة.
Internal Auditory Nerve	القناة الأذنية الداخلية (الصباغ السمي الداخلي)
	قناة من قاعدة العقدة الأذنية التي تفتح باتجاه التجويف القحفي، وعمر للعصب الثامن، والشرابين والأوردة البصرية والعصب الوجهي السابع.
Internal Feedback	تغذية إرجاعية داخلية
	نظام معلومات حول تنفيذ البرنامج ضمن مركز الضبط والحلقات الواقعة بين بطينات المخ، والمراكز العصبية العقدية القاعدية والمخيخ أثناء الكلام.
Internal Intercostal Muscles	العضلات الوريية الداخلية
	عضلات تصل الأضلاع ببعضها، تعمل معظمها على خفض الأضلاع أثناء الزفير.
Internal obliques	العضلات المائلة (المنحرفة) الداخلية
	عضلات بطنية تتحدر نحو الأسفل والخلف على طول الجدران الجانبية
Internal pterygoid Muscle	المضلة الجناحية الداخلية

Intonation

التنغيم

تغيرات موهمة/ محسوسة / في التردد الأساسي بنمط التغير والإشتقاق في الكلام

المتصل

Intraoral pressure

المصطط الهوائي القمي

ضغط هوائي في التجويف القمي.

Inverse Square law

قانون التربيع العكسي

(أي قانون تتغير فيه كمية فيزيائية بتغير المسافة الفاصلة عن المبع بنسبة مقلوب مربع تلك المسافة). تتغير الشدة الصوتية مباشرة بمربع المسافة عن المصدر.

J

Juncture

الوصل

الوصل بين الكلمات. تغير نقاط الوصل يشير إلى اختلاف في المعنى تختلف (a name) عن (an aim) في نقطة الوصل.

K

Kinesthesia

جهاز حسي حركي

إدراك الحركية بحركاته بنفسه معتمداً على معلومات من المستقبلات الذاتية.

L

Lag Effect

تأثير التأخير (التخلف)

تحديد أكثر دقة للمؤثر الأخير مقدماً في اختيارات سمعية ثنائية.

Laminographic Technique

تصوير إشعاعي مقطعي

طريقة تصوير شعاعي تنعكس فيها عدة مصادر للأشعة السينية على صفيحة تلمر في تحديد أفضل للنسج الناعمة.

Language

اللغة

الكلمات وقواعد جمعها عند مجموعة ما من الناس.

Laryngeal Ventricle

البطين البلعومي - الحنجري

الفراغ بين الحبال الصوتية الحقيقية والزائفة، يسمى أيضاً ببطين مورغاغي.

Laryngoscope

المنظار البلعومي - الحنجري

مرآة ومصدر ضوئي لرؤية الحنجرة من الأعلى.

Lateral

جانبي

صوت يخرج فيه النفس (الملفوظ) حول أطراف اللسان /l/.

Lateral crico arytenoid Muscles

العضلات الحلقائية - الطرجهارية الداخلية

عضلات تعمل على ضغط قسم المزمار الأوسط من خلال تدوير العضاريف الطرجهارية.

Lateral inhibition

كبت (منع) جانبي

عمل مؤثر في الغشاء القاعدي بسبب منع الإستجابة في الخلايا العصبية المحيطة بنقطة الإثارة القصوى.

Latissimus Dorsi Muscle

العضلات الظهرية المريضة

عضلات عريضة كبيرة تتوضع على ظهر الجسم على كل طرف من العمود الفقري، تعمل أثناء التنفس القسري.

Lax (vowels)

رخو (صوائت)

صفة صوتية خاصة بالصوائت الصادرة بلسان مرتفع نسبياً بالمقارنة مع الصوائت المشدودة، وبفتحات (مدى) أقصر.

Levator palatini Muscle

العضلة الحنكية الرافعة

عضلة تشير إلى الحنك الرخو وتشكل معظمه، يرفع انقباضها ويرجع الحنك الرخو نحو الجدار البلعومي.

Levatores costarum Muscles

العضلات الضلعية الرافعة

إثنا عشر زوجاً من العضلات الصغيرة المثلثة الشكل. تساعد في التنفس من خلال قبض ورفع الأضلاع.

Linear scale

مقياس خطي

مقياس تساوي فيه كل وحدة التي تليها. يسمح بجمع الوحدات من خلال الإضافة.

Linguistic competence

الكفاءة اللغوية

ما يعرف المرء عن نفسه لاشعورياً، مقدرة فهم وإصدار اللغة.

Linguistic performance	الإداء اللفوي
	كيف نستخدم المعرفة اللغوية في سلوك تعبري كالكلام أو الكتابة.
Liquid	متوسط سائل
	في الإنجليزية /l/ و /r/، إثنان من أنصاف الصوائت بسمع /جهر/ عالٍ نسبياً.
Logarithmic scale	مقياس لوغاريتمي
	مقياس يعتمد على مضاعفات رقم ما (الأساس).
Lombardo Effect	أثر لومباردو
	زيادة الشدة الصوتية عند متكلم لا يسمع نفسه.
Longitudinal wave	موجة طولية
	موجة تكون فيها حركة الجزيئات في نفس حركة الموجة.
Loudness	الجهارة
	الإحساس الشخصي للشدة الصوتية.

M

Malpighi	المطرقة
	أكبر عظيمات الأذن الوسطى الثلاثة وأكثرها خروجاً (بروزاً).
Mandible	عظم الفك السفلي
Manner	طريقة، أسلوب (نطق)
	تصنيف الصوائت بناءً على الإستراتيجية عوضاً عن مكان النطق، فمثل سيل المثال، يختلف الإحتكاكي /s/ عن صوت الوقف /t/ في طريقة النطق.
Manometer	مقياس الضغط
	جهاز يستخدم لقياس ضغط السوائل أو الغازات.
Manubrium	قبضة المطرقة
	أكبر بروز في المطرقة يتصل به الغشاء الطلي.
Maxillary Bone	عظم الفك العلوي
	واحدًا من زوج من العظام تشكل الفك العلوي، وغالباً يعتبران عظمًا واحدًا.

Maximum Expiratory pressure	الضغط الزفيري الأقصى
	القوى السلية والإيجابية المتوفرة مجتمعة أثناء الزفير في حجم رئوي معين
Maximum Inspiratory Pressure	الضغط الشهقي الأقصى
	القوى السلية والإيجابية المتوفرة مجتمعة أثناء الشهيق في حجم رئوي معين
Medial pterygoid Muscle	العضلة الجناحية الوسطى
	عضلة على الجانب الداخلي من الفك، تعمل أثناء الكلام على إغلاق الفك.
Medulla oblongate	النخاع المستطيل
	ذلك القسم الدماغى الذي يقع تحت الحبل الشوكى وفوقه الجسر (الدماغى). يتوضع بكشل باطنى بالنسبة للمخخ.
Mel	الملل
	وحدة قياس الطبقة الصوتية، وتساوى ألف مرة ضعف ارتفاع صوت نعم بسيط ذي تردد 1000 هرتز وجهازه تساوى 40 ديسل فوق عتبة السمع.
Mental Retardation	تخلف عقلي
	حالة يؤخر أو يمنع فيها تخلف عقلي التعلم أو التكيف.
Metathesis	التبادل المزدوج
	تبادل الأصوات ، أو المقاطع أو الحروف في كلمة.
Middle constrictor Muscle	عضلة قابضة وسطى
	العضلة الوسطى من ثلاثة عضلات بلعومية قابضة تعمل على تضيق البلعوم أثناء البلع.
Middle Ear	الأذن الوسطى
	تجويف صغير يحتوي على العظيقات الثلاث: المطرقة، والسندان والركاب وتعمل كمحول معاوقة يساوي بين الهواء وسائل القوقعة الأذنية.
Monologue	المتولج
	ساجاة النفس.
Morpheme	المورفيم
	أصغر وحدة لغوية معنوية. تحتوي كلمة «books» على مورفيم «book» و «s» التي تعني أكثر من واحد.

Morphological

مورفي

دراسة شكل الكلمات متأثرة بالتصريف والإشتقاق.

Motor

حركي

مركز عصلي أو عصبي يسبب في تحرك ما.

Motor Theory

النظرية الحركية

نظرية وضعها آ. م. لبرمان تقول بأن إدراك الكلام يرجع إلى إصدار الكلام

Motor unit

وحدة حركية

Muscle Spindles

العضلات المفزلية

ألياف عضلية متخصصة مزودة بتعصيب حسي يشير إلى طول العضلة وأية

تغيرات تطرأ عليه.

Myelin

النخاع

مادة دهنية بيضاء تغمد العديد من الأعصاب القحفية والشوكية.

Myoelastic Aerodynamic Theory of Phonation

نظرية الصوت التحريكية المرنة

نظرية تقول بأن مسببذبذبة الحبال الصوتية الأساسي يعود لقوى الضغط الهوائية

الفاعلة على كتلة الحبال الصوتية المرنة.

N

Nasal Sounds

الأصوات الأنفية

تلك الأصوات الصادرة. ويكون فيها الميناء الأنفي - البلعومي مفتوحاً.

Natural Resonant Frequency

التردد الرنيني الطبيعي

ذلك التردد الذي يتذبذب به نظام بسعة قصوى عندما تطبق ترددات

مختلفة.

Negative Feedback

تغذية إرجاعية سلبية

Nerve

عصب

حزمة من ألياف عصبونات تنقل نبضات عصبية من جزء من الجسم إلى

جزء آخر.

Neuron

عصبون

أحدى الخلايا التي يتألف منها الدماغ، والحبل الشوكي والأعصاب.

Oblique Arytenoid Muscle العضلة الطوجهارية المائلة

عضلة تغلق المزمار من خلال تقريب الغضاريف الطرجهارية نحو بعضها، وتشكل مع العضلات الطرجهارية المستعرضة ما بين الغضاريف الطرجهارية.

Odd ball Test إختيار الكرة الفرجية

إجراء في اختبار التميز يطلب من المستمع فيه أن يشير أو يحدد المؤثر الذي يختلف عن المؤثرين الآخرين في مجموعة من ثلاث مؤثرات.

Ontogeny نشوء الفرد

تاريخ التطور الكامل لعضو بمفرده.

Open loop system نظام الحلقة (السلو) المفتوحة

نظام نظمية أمامية دون الإستجابة من نظمية إرجاعية عن الإداء .

Operant conditioning تعلم شرطي (مفيد)

عملية يزداد بواسطتها تردد إستجابة معتمداً على متى، وكيف، وكم هي معززة.

Oral cavity التجويف الفمي

الفراغ داخل الفم.

Oral stereognosis معرفة الأشياء عن طريق اللمس (داخل الفم)

تمييز أو إدراك أشكال أشياء من خلال تحسسها داخل الفم.

Orbicularis oris Muscle العضلة المدارية الفمية

مصرة الفم التي تنقبض لإتزم أو تضيق أو تغلق الشفاة.

Ordinate إحداثي ثان (المصادي)

المسافة العمودية لنقطة (x,y) في المستوى عن المحور السيني.

Organ of Corti عضو كورتي

عضو حاسة السمع الذي يقع فوق الغشاء القاعدي، ويحتوي على الخلايا الحسية الشعرية التي تنقل بحركات من داخل قناة القوقعة الأذنية.

Oscilloscope كاشف إهتزازي بالألمعية المبهجة
جهاز يعرض قوة/ قدرة إشارة كهربائية كوظيفة (حالة) زمنية. ويستخلم شعاع مهبطي لتحليل أشكال الموجات.

Ossicle عظمي
عظمي أو يحتوي على العظم.

Ossicles عظيحات
عظيحات صغيرة، خصيصاً عظيحات الأذن الوسطى الصغيرة، المطرقة، والسندان والركابي.

Ossicular chain سلسلة العظيحات
مجموع عظيحات الأذن الوسطى الثلاث، المطرقة، والسندان والركابي.

Oval window النافذة البيضاوية
غشاء بين الأذن الوسطى والداخلية يصل ويمرر الذبذبات من العظم الركابي إلى سائل القوقعة الأذنية. يسمى أيضاً بالنافذة الدخلية.

P

Palatoglossus Muscle العضلة الحنكية - اللسانية
عضلة لسانية خارجية ترفع مؤخرة اللسان، ويمكنها أن تنخفض الحنك الرخو، وتسمى أيضاً العضلة اللسانية - الحنكية. تشكل العضلات الحنكية - اللسانية معظم داخل (جوف) العواميد الحنكية.

Palatography تصوير الحنك
أسلوب يتبع في قياس نقاط التماس بين اللسان والحنك.

Parallel processing المعاملة المتوازية
الطلق المشترك والتكيف بين الأصوات المتجاورة في إصدار الكلام، وفك الرموز الأي أو المتزامن للأصوات الكلامية المتجاورة في إدراك الكلام.

Parietal lobe فص جداري
فص في مركز المخ الأعلى خلف شق (فطر) رولاندو وفوق شق (فطر) سيلفيس.

Pectoralis Minor Muscles

عضلة صدرية صغرى

عضلة نحيفة متباعدة مثلثة الشكل تقع تحت غطاء العضلة الصدرية الكبرى. يمكنها أن ترفع الأضلاع أثناء التنفس إذا ثبت لوح الكتف.

Perilymph

لحم الأفق

السائل الذي يملأ الفراغ بين التيه العشائي والتيه العظمي في الأذن

Period

فترة (مبنى)

الزمن المستغرق خلال دورة واحدة من النبضة.

Periodic

دوري

يحدث بفواصل زمنية متساوية.

Peripheral Nervous system

الجهاز العصبي الثانوي

يتألف من العقد العصبية، والأعصاب خارج الدماغ والحبل الشوكي.

Pharyngeal plexus

ضفيرة بلعومية

شبكة من الأعصاب يقوم من خلالها العصب البلعومي - اللساني بتزويد غشاء البلعوم اللزج بالفروع الحسية، ويؤد العصب الملحق العضلة الحنكية الرافعة بالأنفاس الحركية.

Pharynx

البلعوم

التجويف البلعومي، مؤلف من البلعوم الأنفي، والبلعوم الفمي والبلعوم الحنجري.

Phon

الفون

وحدة الجهازة المتساوية.

Phonation

نطق، لفظ

إصدار صوت في الحنجرة.

Phone

صوت كلامي محدد

صوت كلامي محدد. فالألفون، أو نوع من الفونيم، فـ [t] المهموسة و [t̪]

كما من الفونيمات للفونيم /v/

Phoneme

الفونيم

عائلة صوتية تعمل في لغة لتشير إلى اختلاف في المعنى.

Phonetic	صوتي
	يمثل الأصوات الكلامية.
Phonological	خاص بعلم الأصوات الكلامية (فونولوجي)
	دراسة نظام الأصوات المستخدمة في اللغة؛ دراسة تاريخ وتغيرات الأصوات في لغة ما.
Photoelectric	كهر - ضوئي
	تغيرات كهربائية تُصدر عن ضوء.
Phenric Nerve	المصّب الحجابي
	عصب حركي ينشأ من الأجزاء الرقبية (الثالث والرابع والخامس) للحبل الشوكي، يزود الحجاب الحاجز بالأعصاب.
Phylogeny	تطور السلالات
	التاريخ التطوري الكامل لعرق أو مجموعة من الأعضاء.
Pitch	طبقة الصوت
	الإحساس الشخصي النفسي للتردد الصوتي. يصدر صوت بتردد منخفض إدراكاً أو إحساساً بـطبقة صوت منخفضة.
Place of Articulation	مكان النطق
	يعتمد تقييم الأصوات على مكان التماس الطفقي أو التضيق، فعلى سبيل المثال، يختلف الصوت الشفوي /p/ عن اللثوي /v/ بمكان النطق.
Place Theory	النظرية المكانية
	تثير الترددات المختلفة الألياف العصبية الحسية في أماكن مختلفة في الغشاء القاعدي. تنشط الترددات العالية المناطق القريبة من قاعدة القوقعة الأذنية، بينما تثير الترددات المنخفضة المناطق القريبة من النهاية العليا.
Plosive	صوت وقف - انفجاري
	نموذج صامت يُصنع بتحرير الهواء المضغوط وراء انسداد في المجرى الصوتي فجأة.
Pneumotachograph	مخطط التنفس
	جهاز يستخدم لقياس التنفس.
Poles	القطب

مصطلح هندسي للدلالة على الرنين

Pons

الجسر

حزمة كبيرة مستعرضة من الألياف العصبية في الدماغ الخلفي تشكل الخدع المخيخي وتلف الدماغ المستطيل.

Positive Feedback

أنظر التغذية لإرجاعية (تغذية إرجاعية موجبة)

Posterior Crico arytenoid Muscles

العصلات الحلقائية الطرجهاريّة الخلفية

عضلات تفصل (تعزل) الحبال الصوتية عن تدوير وميل الغضاريف الطرجهاريّة مما يؤدي إلى فتح المزمار.

Pressure

الضغط

القوة على وحدة المساحة.

Pressure Transducer

محول الضغط

جهاز يحول الضغط النسبي إلى إشارة كهربائية.

Prosody

السمات الإيقاعية (النظمية)

وصف النظم وأنماط النغمة في الكلام.

Pulmonary pleura

غشاء الجنّب

غشاء يكسو أو يغطي الرئتين.

Pure tone

نغمة محالصة (غير مركبة) ، بسيطة

صوت يتألف من فبذبة ترددية واحدة فقط.

Pyramidal Tract

المجرى الهرمي

ممر رئيس لنقل الإشارات الحركية من اللحاء الحركي.



Quantal theory

نظرية مُحَكِّمة

نظرية وضعها ك. ن. ستيفنز تقول بأن هناك انقطاعات محكّمة في خرج المحرّي الصوتي السمعّي.

R

- Rarefaction** خلخلة
منطقة من الموجة بين اتضاغطين يكون فيها ضغط الوسط الناقل منخفضاً
- Rationalist** عقلاني
من يعتمد في نتائجه وخلاصاته على العقل والتفكير العقلي دون الأحاسيس.
- Real Time spectral Analyzer** محلل طيف الوقت الحقيقي
جهاز يعرض، يكشف مكونات الإشارة المركبة الترددية.
- Recency Effect** تأثير الحداثة
يميل الناس إلى تذكر آخر مفردة (أكثرها حداثة) في قائمة بجاهزية تفوق تذكر المفردات الأخرى في نفس القائمة.
- Rectify** تحويل
تحويل أو عكس اتجاه النبضات المتناوبة. تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر.
- Rectus Abdominis Muscle** عضلة البطن المستقيمة
عضلة بطنية رئيسية تسير بشكل عامودي مع خط وسط الجدار الداخلي.
- Recurrent Nerve** العصب الراجع (المعاود)
ذلك الفرع من العصب المبهم (العاش) الذي يعصب كل عضلات الحنجرة الحقفية ما عدا العضلة الحلقائية - الدرقية؛ ويسمى أيضاً العصب البلعومي الداخلي.
- Relaxation Volume** حجم ارتخائي
كمية هوائية في الرئتين عند نهاية الزفير أو أثناء التنفس العادي؛ وذلك حجم هوائي يتساوى فيه ضغط هواء الرئتين مع الضغط الخارجي ويساوي حوالي 40% من السعة الحيوية.
- Resonance** رنين
استجابة مذبذبة لقوة قاعلة.
- Restricted code** رمز (شفرة) محددة
مصطلح برنشتاين لكلام أولئك الذين يفترضون أن المستمع مُلمّ بالسياق.

Retro Flex انثناء خلفي - انحناء خلفي

انحناء رأس اللسان نحو الخلف بشكل نموذجي في إصدار /R/ في الإنجليزية الأمريكية.

Reverberate تردد لارتداد

أن ينعكس الصوت عدة مرات، كالموجات الصوتية من جذران فراغ محصور (محدد)

Ribs أضلاع

أثناء عشر زوجاً من العظام تمتد بشكل طولي من الفقرات الصدرية الاثني عشر وتطوق الصدر.

Right-Far Advantage ميزة الأذن اليمنى

يحدد المستمعون عادة المنبه المقتدى الى الأذن اليمنى بشكل أدق لو أصبح من ذلك المقتدى الى الأذن اليمنى في اختبارات السمع الثنائية.

S

Splenius Medius Musclic العضلة الأضمية الوسطى

أحدى ثلاث أزواج من العضلات على كل طرف من العنق، تنصرف من الأهل، ويمكنها أن ترفع الضلع الأول من أجل التنفس.

Scapula لوح منبسط مثلثي الشكل يكون قفا الكتف

Section قسم

نوع خاص من الطيف يظهر الطيف السموي لقسم يستغرق وقتاً صغيراً للغاية من الإشارة.

Semantics علم دلالات الألفاظ وتطورها

دراسة المعاني، وتطور معاني الكلمات.

Semichircular Canals قنوات نصف دائرية

انظر النظام الدهليزي.

Sensory حسي (عصب)

عصب ثانوي ينقل نبض من عضو حسي نحو الجهاز العصبي المركزي يسمى أيضاً بالعصب الصادر.

Serratus postaxior superior muscce العضلة الخلفية - العلوية المستة .

عضلة تمتد بشكل مائل نحو الأسفل والجانب من القسم العلوي من منطقة الصدر من العمود الفقري الى الحدود العليا من الأضلاع العليا التي ترتفع اثناء التنفس .

Servo mechanism آلية تحكم أوتوماتيكي

آلة أوتوماتيكية تقوم بتصحيح تغيّلها أو إلحاقها بنفسها .

Sibilants الأصوات الصفرية

الأصوات الكلامية الاحتكاكية العالية الترددات كـ /s/ أو /z/ : وقربيهما المجهوران .

Simple harmonic Motion حركة توافقية بسيطة

حركة دورية تذبذبية حيث تتناسب كمية أو مقدار التحريك من نقطة التوازن مع القوة التي تحاول إعادتها الى نقطة أو وضع التوازن .

Sine wave موجة جيبية

ذبذبة جيبية تمتلك نفس التمثيل الهندسي لذالة جيبية .

Software مصطلح في برمجة الحاسوب

Sone السون (وحدة قياس الجهارة)

وحدة قياس الجهارة تساوي نغمة ترددها كيلوهرتز واحد و جهارة قدرها 40 ديسبل فوق عتبة السمع المطلقة (وحدة للجهارة تساوي جهارة نغم بسيط يبلغ تردده 1000 هرتز، وتساوي سوية ضغطه الصوتي 40 ديسبل فوق عتبة السمع المطلق أي: 0,0002 ميكروبار)

Sound الصوت

الاحساس الناتج عن إثارة أعضاء السمع بواسطة فيزيات تنقل عبر الأذن أو أي وسط آخر .

Sound pressure level مستوى الضغط الصوتي

قيمة بالديسبل تساوي 20 ضعف اللوغارتم بالقاعدة 10 لنسبة ضغط الصوت قيد الدرس الى ضغط مربعي، إن الضغوط المرجعية الشائعة الاستعمال هي 0,0002 ميكروبار أي $\frac{0,0002}{\text{اسم}^2}$ دابن .

Sound spectrogram	الطيف الصوتي
	النسخة الصلبة التي يصورها راسم طيف صوتي.
Sound spectrograph	راسم طيف صوتي
	جهاز ينتج نسخة صلبة للإشارة، يمثل فيها التردد على المحور الاحداثي، الصادي، والزمن على المحور السيني، ويشار الى الشدة بالظلمة النسبية -
Sound wave	موجة صوتية
	موجة طولية في وسط مرن، تصدر الموجة إحساساً مسموعاً.
Source function	الوظيفة الأساسية
	أصل القنطرة السمعية في الكلام، فهي الحبال الصوتية في حالة الصوائت، أما في الصوامت غير المجهورة في المجرى الصوتي والصوامت المجهورة فهي الحبال الصوتية والمجرى الصوتي نفسه.
Spasticity	شلل
	انقباض لا إداري في عضلة أو مجموعة عضلات يسفر عن حالة من التصلب أو القساوة.
Speech perception	إدراك الكلام
Spinal Nerves	أعصاب الحبل الشوكي
	واحد وثلاثون عصباً على هيئة أزواج تخرج من الحبل الشوكي وتغصّب بناء الجسم بالأعصاب (انظر الملحق - 3 - للتوضيح).
Spirometry	مقياس هواء التنفس
	جهاز لقياس حجم الهواء الممكن إدخاله أو إخراجة من الرئتين.
Spoonerism	السيولرية
	تبادل بين الصوت الأول في كلمتين (أو أكثر) في عبارة. سميت على اسم مكتشفها وليام .أ. سبونر.
Stapedius Muscle	العضلة الركائبية
	عضلة تغير حركة العظم الركابي في النافذة الدخالية.
Stapes	العظم الركابي
	العظم الداخلي من العظميات الأذنبة السمعية الثلاث

Sternocleidomastoid Muscle	العضلة القصية الترقوية الحشائية
عضلة مزدوجة تسير موازية عبر الرقبة وتساعد في التنفس المقسور من خلال رفع عظم القص.	
Sterna hyoid muscle	العضلة القصية - اللامية
عضلة بلعومية جوفرية تُخفض العظم اللامي والحنجرة: إحدى العضلات المطوقة.	
Sternum	عظم القص
Stimulus onset Asynchrony	بداية غير متزامنة للمنبه
فاصل زمني بين بدايتي منبهين قلعاً بشكل ثنائي.	
Stop	صوت وقف
Storage oscilloscope	كاشف اهتزازات مخزن
كاشف اهتزازات يستطيع ابقاء الصورة فترة زمنية تتراوح بين عدة دقائق وعدة أيام أو إلى حين تحوها أو إزالتها قصداً لإناحة المجال لصورة جديدة.	
Strain Gauge	مقياس الانفعال
محول يحول الأنماط الحركية إلى أنماط كهربائية فولتية.	
Stroboscope	غيبال
جهاز يصدر ومضات قصيرة ضوئية بتردد محكم.	
Stylo glosus muscle	عضلة لسانية - ابرية
أحدى عضلات اللسان الثانوية ترفع اللسان إلى الأعلى وإلى الخلف.	
Subclavius muscle	عضلة تحت - ترقوية
عضلة صغيرة منبسطة نسبياً تقع تحت الترقوة وتساعد في التنفس من خلال رفع الضلع الأول.	
Subglottal air pressure	ضغط الهواء تحت الحنجري
ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية.	
Superior constrictor muscle	العضلة العليا القابضة
أعلى ثلاث عضلات بلعومية قابضة تنصرف لتضيق الحنجرة أثناء البلع. يمكن أن تساعد في الأغلاق البلعوي - الأنفي أثناء الكلام.	

Superior longitudinal Muscle العضلة الطولية العليا

عضلة لسانية - جوهرية تعمل في لف قمة اللسان نحو الأعلى.

Supra segmental Features سمات فوققطعية

توضع فوق الوحدات الكلامية، حيث يُنزل على المعنى بواسطة النبرة، والوصل،

والتعميم

Syllabic consonant صامت مقطعي

صامت يشغل مكان نواة المقطع.

Syllabic nuclei نوى المقطع

أقسام المقطع الصوتية الثابتة للحالة نسبياً.

مقطع

وحدة كلامية تتألف من صائت بمفرده أو مضافاً إليه صامت أو أكثر.

Synapse اشتباك عصبي

المكان الذي يحتل فيه المحور العصبي لعصبون ما بفصينان. عصبون آخر أو نجلية

جسدية ويؤثر فيها.

Syntagma الستجما

العبارة الكلامية غير المنقطعة.

Syntax علم النحو (اصول التركيب)

مجموعة القواعد اللازمة لتركيب تعابير أو جمل مسموح بها في لغة معينة.

T

Tabula rasa اللوح الأملس. العقل قبل تلقيه أية انطباعات خارجية

Tectorial membrane غشاء ساتر، غشاء مقني

غشاء لزج يفطر عضو كورثي.

Template قالب، نمط، معيارية

Temporal Lobe الفص الصدغي

القسم السفلي الجانبي من نصف المخ، يقع تحت فطر سيلفيوس.

Tense	مشدودة (صوائت)
	صفة صولية للصوائت الصاعدة بموقع لسان مرتفع نسبياً بالمقارنة مع الصوائت الرخوة وصرات أطول.
Tensor palatini muscles	المضلات الوترية الفمكية
	عضلات تفتح القناة السمعية، ويمكن أن توتر الحنك الرخو.
Tensor tympani	العضلة الموترية للقطبة
	عضلة توتر غشاء القطبة.
Thalamus	المهاد
	مادة سنجابية تقع في قاعدة المخ، يعتقد أنها مهمة في الكلام.
Thoracic nerves	الأعصاب الصدرية
	اثنا عشر زوجاً من الأعصاب الشوكية تخرج من أجزاء الحبل الشوكي في منطقة الصدر.
Thorax	الصدر
	ذلك القسم من الجسم بين الرقبة والبطن، يفصله عن البطن الحجاب الحاجز.
Thyroarytenoid muscle	العضلة الدرقيّة - الطرجهاريّة
	عضلة يلعومية جوهريّة تقصر وتوتر الحبال الصوتية، تتألف من أجزاء خارجية وأخرى داخلية، وتؤلف قسماً من الحبال الصوتية.
Thyroid	الغضروف الدرقي
	غضروف نعنجري كبير على هيئة فوقمة. أكبر الغضاريف الحنجريّة عند الإنسان، يكوّن تفلحة آدم.
Thyrothoid muscle	العضلة الدرقيّة - اللاميّة
	عضلة تتأصل في جانب الغضروف الدرقي وتنغمس في قرن العظم اللامي الكبير. تعصها الأعصاب الرقية العليا وتعمل على رفع وتغيير شكل الحنجرة.
Tidal volume	الحجم المتي
	كمية الهواء التي تستشق وتطرد عادة في دورة تنفسية واحدة.
Torque	عزم الدوران
	قوة دوران تستخدم للدلالة على حلّ أوفك الأقسام الغضروفية في الأضلاع

Trachea	المرغامي
القضية الموائية. انبوب من غضاريف على هيئة قفل فرس تصل حتى الرئتين	
Tragus	وتد
التوء الموجود امام فتحة الأذن الخارجية، زعقة غضروفية صغيرة تغطي فتحة قناة الأذن الخارجية.	
Transfer Function	الوظيفة التحويلية
اسهام رنين المجرى الصوتي في تحويل الوظيفة الأساسية (ذبذبة الحبال الصوتية) الى الأصوات الكلامية الناتجة.	
Transient	هاير، زائل، مؤقت
زائل، حدث سمعي قصير المدى.	
Transillumination	إضاءة عابرة
طريقة لقياس الفتحة المزمارية بطريقة غير مباشرة.	
Transition	تحول، انتقال
تحول، انتقال في تردد التشكيل الموجي المميز.	
Transverse arytenoid muscle	العطلة الطرجهارية المستعرضة
Transverse muscle of the tongue	عضلات اللسان المستعرضة
عضلات لسانية جوهرية تعمل في تضيق جسم اللسان.	
Transverse waves	موجات عرضانية
نموذج موجي تكون فيه حركة الجزيئات عمودية مع حركة الموجة.	
Transversus abdominis muscles	عضلات بطنية مستعرضة
عضلات بطنية تمتد أفقياً عبر الجدران.	
Travelling wave theory	نظرية الموجة المرتحلة
نظرية تقول بأن القوقعة الأذنية تحلل الاشارات السمعية القادمة إلى مكوناتها الموجية المرتحلة.	
Two-point discrimination	تمييز بنقطتين
المقدرة على تمييز نقطتين متشابهتين بشكل كبير على أنهما منفصلتان	

Tympanic Membrane

الغشاء الطبلاقي

غشاء الطبلة، غشاء ليفي في نهاية القناة الأذنية الخارجية. تنقل استجابته إلى عظيمات الأذن الوسطى.

U

Ultra sound

فوق صوتي

موجات فوق صوتية (فوق الترددات المسموعة بشرياً) - طريقة في قياس الحركة تقوم على قذف بئاًر أو تركيب موجات فوق صوتية.

Unc conditioned stimulus

منبه، حافز غير مشروط

حافز يحدث استجابة بشكل طبيعي في التكييف الكلاسيكي. وهو مسحوق اللحم الذي يثير أو يسبب سيلان اللعاب في تجربة بافلوف.

Uvula

اللهاة

كتلة لحمية صغيرة تتعلق من مؤخرة الحنك الرخو.

V

Velocity

سرعة

تغير المكانة على محور الزمن.

Velopharyngeal closure

الأغلاق البلعوي - الأنفي

إغلاق الممرات الأنفية من التجويف الأنفي بواسطة رفع اللهاة مقابل البلعوم.

Velopharyngeal port

الميناء البلعوي - الأنفي

الممر الذي يصل التجاويف الأنفية بالتجويف الأنفي.

Velum

الحنك الرخو

Ventricular folds

الحبال الصوتية المكاذبة

التيابا الواقعة فوق الحبال الصوتية الصحيحة.

verbal transformation

تحول لفظي

تعبيرات في الإدراك السمعي لللفظ متكررة.

Vertebrae

فقرات

فقرات العمود الفقري

Vertical muscles	عضلات راسية
	الياف عضلات لسانية جوهرية تعمل على بسط اللسان.
Vestibular system	نظام دهليزي
	ثلاث قنوات في الأذن الداخلية تحتوي على أعضاء حس التوازن.
Vestibule	دهليز
	التجويف المركزي للتحيط بالعظمي في الأذن. تجويف يقع عند مدخل القوقعة الأذنية، يحتوي على القربة والكيس؛ وهي أعضاء تستجيب للتسارع الخطي.
Vital capacity	السعة الحيوية
	الحجم الهوائي الكامل الذي يمكن طرده من الرئتين بعد شهيق عميق
Vocal fry	صرير صوتي
	أسلوب صوتي يهتز فيه الحبال الصوتية بتردد منخفض جداً بحيث يمكن سماع كل ذبذبة من ذبذبات الحبال الصوتية بمفردها.
Vocal tract	المجرى الصوتي
	كامل التجاويف الواقعة فوق الحنجرة وتستخدم كمرنان متحول: وتضم التجاويف الفمية، والوجنية، والبلعومية والأنفية.
Vocalis muscle	العضلة الصوتية
	الجزء الداخلي من العضلة الدرقية - الطرجهارية؛ الجزء المختصر من الحبال الصوتية.
Voice onset time (Vot)	بداية استهلال الجهر.
	الفاصل الزمني بين تحرير صوت الوقف الانفجاري - مجهور أو غير مجهور - وبداية جهر الصائت اللاحق.
Voiding	صوت (جهر)
	إصدار الصوت عن طريق ذبذبة الحبال الصوتية.
Volley Theory	نظرية الرشق العصبي
	تنقل المعلومات الترددية مباشرة من خلال إطلاق العصبونات. وفي حال كون الترددات أعلى من مقدرة إطلاق العصبونات متفرقة، تتعاضد، عندئذ، فيما بينها.
Voltmeter	مقياس الفولط
	جهاز يستخدم في قياس قوة حركة كهربائية مقاسة بالفولط.

W

Wada test	اختبار أمثال الصوديوم
اختبار يجري في تحديد أي من قسمي الدماغ هو المتخصص في اللغة	
Watt	الواط
وحدة قياس القدرة الكهربائية مساوية الى واحد جول في الثانية.	
Wave form	شكل الوجه
تمثيل بصوري لحادث اهتزازي يظهر السعة كدالة في الزمن، في نقطة ثابتة مكانياً.	
Wave length (λ)	طول الموجة
المسافة الفراغية التي تحتلها دورة واحدة.	
White matter	المادة السنجابية
مواد نخاعية في الجهاز العصبي المركزي.	
Whorflan hypothesis	نظرية وورف

نظرية تقول بأن اللغة تقرر الى حد ما طريقة تفكير المرء.

Z

Zarose	مصطلح هندسي للرتين المضاد
--------	---------------------------

13.

14.

15.

16.

17.

18.

19.

20.

21.

22.

23.

24.

25.

26.

27.

28.

29.

30.

31.

32.

الفهرس

5	.....	الاهداء
6	.....	نوطنة
7	.....	تقديم

الفصل الأول

13	.....	الكلام واللغة والعكر
14	.....	الكلام
15	.....	اللغة
17	.....	العكر
18	.....	الفكر من دون لغة
19	.....	الفكر واللغة
20	.....	واللغة والكلام كناقل للفكر
22	.....	تطور اللغة والكلام
23	.....	نظرية التعليم واللغة نظرية التعلن واللغة
25	.....	نظرية الفطرة
26	.....	الكفاءة اللغوية
29	.....	من الفكر إلى الكلام
36	.....	مراجع الفصل الأول

الفصل الثاني

38	.....	رواد علم الكلام
39	.....	هيرمان فون هيلمهولتز:
39	.....	الصفات السمعية الكلام
42	.....	هيرمي موييت.
42	.....	الصويئات السمعية
43	.....	الكسندر جراهام بيل

43	تعليم الصم
45	هو.و. دادلي
45	التركيب الإلكتروني للتكلم المستمر
48	فرانكلين كور، ألفن برمان ويسير ديلاثر إدراك
48	إدراك الكلام وقراءة النمط
51	ومنذ ذلك الحين
54	مراجع الفصل الثاني

الفصل الثالث

55	السمعيات
56	النغمة البسيطة: مثال للحركة التناغمية البسيطة
59	التمثيل بالأرجوحة: مثال عن تضالول السرعة في الحركة التناغمية البسيطة
61	حركة الجزئي في الصوت
63	حركة موجة الضغط في الصوت
67	المكونات الأساسية للصوت
68	أنماط التداخل
70	النغمات المركبة
72	التوافقيات: سمة النغمات المركبة الدورية
75	الإشارات المركبة اللادورية
76	التردد وطبقة الصوت
78	الدليل: مقياس الشدة النسبية
84	الشدة والجهاز
86	سرعة الصوت في الغشاء الخارجي
87	طول الموجة
89	الرنين
92	الصوتيات السمعية والكلام
93	مراجع الفصل الثالث

الفصل الرابع

94	إصدار الكلام
96	أمس الكلام العصبية
98	الدماغ
99	العصون
104	تحكم الجهاز العصبي بالكلام
113	السوترية: دليل التخطيط القبلي
115	التنفس
115	تحويل التيار الهوائي من أجل الأصوات الكلامية
118	تنفس الضغط السلي
120	آلية التنفس
122	الشهيق
122	الشهيق الهادي
126	أثناء الكلام
127	الزفير
129	في الصوت الدائم
133	أثناء الكلام
140	التنطق:
140	تحويل الضغط الهوائي إلى صوت
141	نظرية التصويت التحريكية المرنة
143	هيكل الحنجرة العام
147	ضبط (تعديل) الحبال الصوتية أثناء الكلام
148	الصوامت غير المجهورة
150	الأصوات الكلامية المجهورة
153	الضغط الهوائي التحتنجري
155	مبدأ (تأثير) برنولي
157	ذبذبة الحبال الصوتية
159	التردد الأساسي
162	جرس الصوت
165	العلاقة بين التردد والشدة

166	.....	الخلاصة
169	.....	النقط والرنين
196	.....	المجرى الصوتي: برنان متغير ومصدر صوتي
170	.....	الأصوات المصدرة
171	.....	الأصوات المركبة
172	.....	علاقات المجرى الصوتي الحركية
173	.....	التجويف الفمي
175	.....	اللهاة
175	.....	اللسان
177	.....	الشفاه
178	.....	النظرية السمعية لإصدار الصوائت
179	.....	رنين اتبواب مفتوح من أحد طرفيه
180	.....	رنين المجرى الصوتي عند الرجل
184	.....	الصوائت: / ɛ / ɛ̃ / ɔ̃ / ʊ / ʊ̃ /
185	.....	الصائت الأمامي غير المدور
187	.....	الصائت الخلفي المنخفض / ɔ̃ /
189	.....	الصائت الخلفي العالي غير المدور / ʊ̃ /
190	.....	مثلث الصوائت
192	.....	تأثير حجم المجرى الصوتي
193	.....	العلاقة بين السميات وعلم وظائف الأعضاء
197	.....	الصوائب المشدودة والصوائب الرخوة
198	.....	إصدار الصوائت الثنائية
199	.....	إصدار أنصاف الصوائت
203	.....	المنياء الأنفي البلعومي (تحويل المجرى الصوتي)
208	.....	إصدار الأصوات الأنفية
211	.....	المجرى الصوتي مصدراً للصوت
211	.....	أصوات الوقف (الانفجاريات)
217	.....	الاحتكاكيات
223	.....	أصوات الوقف الاحتكاكية

224	..... الأصوات الكلامية الانجليزية
226	..... التأثير الصوتي
226	..... التكييف (التطويع)
229	..... المماثلة
229	..... النطق المشترك (تكييف تطقي)
231	..... السمات فرق القطعية (النظمية)
233	..... النبر
234	..... التعيم
236	..... الفترة (الأمد) والوصل
237	..... الأصوات الكلامية العربية
237	..... الشفوية
238	..... الشفوية - السنية
238	..... السنية
238	..... السنية - اللثوية
239	..... اللثوية
239	..... اللثوية - الحيكية
240	..... الحنكية اللثية
240	..... اللهوية
241	..... الحلقية
241	..... الحنجيرية
242	..... طريقه النطق
242	..... أصوات الوقف
242	..... الوقف - الأنفي
243	..... الوقف - العمي
243	..... الاحتكاكيات
244	..... الوقف - الاحتكاكية
244	..... الجانبي المجهور
244	..... تكراري - مجهور
245	..... إصدار أنصاف - الصوائت في العربية

245	.....	الياء [هـ]
246	.....	الواو [و]
246	.....	إصدار الصوائت العربية
246	.....	الكسرة القصيرة [ة] والطويلة [هـ]
247	.....	المنحة المحضة (القصيرة والطويلة)
248	.....	الضمة المحضة (القصيرة والطويلة)
250	.....	آليات التغذية الإرجاعية
251	.....	التغذية الإرجاعية السمعية
245	.....	التغذية الإرجاعية الموضعية
256	.....	التغذية الإرجاعية الذاتية
260	.....	التغذية الإرجاعية الداخلية
262	.....	البحوث المتقدمة حول آليات التغذية الإرجاعية
263	.....	نماذج إصدار الكلام
264	.....	بيترسون وشوب: الصوتيات الفيزيولوجية والسمعية
265	.....	تشومبكي وهالي: السمات المميزة
267	.....	برمان: الرمز (الشفرة) الكلامي
269	.....	الأهداف الكلامية: نظرية الهدف النظرية السمعية
270	.....	نماذج التوقيت
272	.....	نماذج التغذية الإرجاعية
276	.....	إصدار جملة
285	.....	أنموذج لإصدار الكلام
287	.....	مراجع الفصل الرابع

الفصل الخامس

292	.....	إدراك الكلام
293	.....	المستمع
295	.....	السمع
296	.....	الأذن الخارجية
298	.....	الأذن الوسطى

303	الأذن الداخلية
309	العصب السمعي
310	إدراك الكلام
311	دلائل سمعية في إدراك الكلام
311	الصوائت
314	الصوائت الثنائية
315	أنصاف الصوائت
317	الصوائت الأتفية
319	أصوات الوقف
328	الأحتكاكيات وأصوات الوقف - الأحتكاكية
330	دلائل للأسلوب والمكان والجهر
334	الفوقطعية
336	الإعتماد على السياق
337	الإدراك النصفي
341	دراسات ضمن اللغة وخارجها
346	دراسات الرضع
349	الدراسات على الحيوانات
350	التحليل الصوتي والسمعي
351	دراسات التكيف
352	الإدراك النصفي والتعليم
354	الإصدار والإدراك
357	وظائف الأعصاب في إدراك الكلام
357	التحديد الدماغي
263	الذاكرة وإدراك الكلام
265	التطور العصبي والإدراك
366	نظريات إدراك الكلام
367	النظرية النشطة (القاعلة)
370	النظريات السلبية
373	النظرية المحكمة

375 مراجع الخامس
-----	--------------------

الفصل السادس

380	..... أجهزة البحث في علم الكلام
380	..... بحوث الملاحظة والتجربة
382	..... بعض الأجهزة
383	..... الصوتيات السمعية
383	..... تسجيل الكلام
387	..... تحليل شكل الموجة
390	..... التحليل الطيفي
396	..... الصوتيات الفيزيولوجية
397	..... التحليل النفسي
401	..... الوظيفة الحنجرية
407	..... الحركة فوق - الحنجرية
409	..... النشاط العضلي
411	..... إدراك الكلام
411	..... لصق الشريط
412	..... محطة الإصغاء
413	..... استخدام الحاسوب في الصوتيات التجريبية
416	..... مراجع الفصل السادس

الفصل السابع

417	..... نشوء اللغة والكلام
419	..... الإطار الاجتماعي
419	..... متحاثات فصيلة الانسانيات
424	..... شروط متطلبات الادراك
426	..... لماذا الكلام
428	..... الإطار النفسي
428	..... لغة الشمبانزي

431	أغاني الطيور
434	لغة الأطفال
437	الاطار الحيوي
438	التخصص الدماغى
439	تغيرات المجرى الصوتى
445	حكاية محتملة
450	الخاتمة
452	مراجع الفصل السابع
	ملحق رقم - ١ -
453	الأبجدية الصوتية للإنجليزية الأمريكية
	ملحق رقم - ٢ -
454	الأعصاب القحفية الهامة فى الكلام والسمع
	ملحق رقم - ٣ -
455	الأعصاب الشوكية الهامة فى الكلام
456	مسرد بمعاني المصطلحات

